



Contribution au pilotage des projets et des processus par la prise en compte d'informations relatives aux activités, aux produits, aux ressources et aux risques

François Marmier

► To cite this version:

François Marmier. Contribution au pilotage des projets et des processus par la prise en compte d'informations relatives aux activités, aux produits, aux ressources et aux risques. Automatique / Robotique. Institut National Polytechnique De Toulouse, 2014. tel-01296962

HAL Id: tel-01296962

<https://hal.science/tel-01296962>

Submitted on 1 Apr 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Présentée à l'Institut National Polytechnique De Toulouse

Spécialité Systèmes Industriels

par **François Marmier**

**Contribution au pilotage des projets et des processus par la prise en compte
d'informations relatives aux activités, aux produits, aux ressources et aux risques**

Soutenue le 21 novembre 2014 devant le jury composé de :

Rapporteurs :

M. Alexandre Dolgui, Professeur à l'ENSMSE, Saint-Etienne
M. Bernard Grabot, Professeur à l'ENIT, Tarbes
M. Michel Schneider, Professeur à l'Université de Clermont-Ferrand,

Examineurs :

M. Emmanuel Caillaud, Professeur à l'Université de Strasbourg
M. Naoufel Cheikhrouhou, Adjoint Scientifique à l'EPFL, Lausanne
M. Didier Gourc, Professeur à l'ENSMAC, Albi (Co-correspondant)
M. Franck Marle, Professeur à l'Ecole Centrale de Paris
M. Gilles Motet, Professeur à l'INSA, Toulouse (Correspondant)

Remerciements

Cette HDR a été préparée au Centre de Génie Industriel de l'École Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux. Durant ces années de travail, deux directeurs ont successivement contribué aux excellentes conditions de travail dans lesquelles se sont déroulées mes recherches. Pour cela je remercie Lionel Dupont, qui en a été le directeur durant mes trois premières années et Michel Aldanondo qui lui a succédé au début de ma troisième année en tant qu'enseignant chercheur. Je leur suis aussi très reconnaissant pour les différents conseils qu'ils m'ont donné lors la préparation de cette HDR.

Je tiens à remercier vivement les rapporteurs du mémoire d'HDR pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'évaluer ce travail :

Alexandre Dolgui, Professeur à l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint Étienne, pour ses précieuses recommandations qui m'ont aidé à prendre du recul sur le contenu de ce mémoire et sa structure. Je tiens à lui exprimer toute ma reconnaissance.

Bernard Grabot, professeur à l'École Nationale d'Ingénieur de Tarbes, pour ses encouragements et l'esprit constructif avec lequel il a commenté et critiqué la synthèse présentée.

Michel Schneider, Professeur à l'Université de Clermont-Ferrand, pour le regard complémentaire orienté science Informatiques qu'il m'a aidé à travailler ainsi que pour l'évaluation qu'il a réalisé de ce mémoire.

Je leur exprime toute ma gratitude et ma sympathie pour leur disponibilité et la qualité des relations scientifiques et humaines qu'ils savent entretenir.

Je remercie vivement les examinateurs, qui ont accepté d'évaluer ces travaux :

Emmanuel Caillaud, professeur à l'Université de Strasbourg, qui m'a fait l'honneur de faire partie du jury et de le Présider. Ses critiques sont toujours très utiles et constructives.

Naoufel Cheikhrouhou, Adjoint Scientifique à l'École polytechnique fédérale de Lausanne de qui j'ai beaucoup appris sur la rigueur du travail scientifique. Ce fut un honneur de travailler avec lui et de bénéficier de son retour sur cette synthèse.

Franck Marle, Professeur à l'Ecole Centrale de Paris. C'est une chance, pour

moi, de pouvoir travailler et échanger avec un expert de ces problématiques relevant de la prise en compte des risques dans les projets.

Je remercie Gilles Motet, Professeur à l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, qui a accepté d'être mon correspondant dans la réalisation de mon HDR. Nos discussions, ses conseils ont été précieux pour l'aboutissement du manuscrit et de ces travaux. Encore un grand merci Gilles pour tout le temps que tu m'a consacré et la gentillesse et la pédagogie dont tu as fait preuve avec moi.

Je remercie Didier Gourc, Professeur à l'École Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux. Derrière chaque réalisation, il y a toujours une personne sans qui rien n'aurait été pareil. Et dans le cas de mon HDR, c'est Didier. Merci infiniment pour les conditions de travail que tu as su créer dans notre équipe de recherche. Ta vision humaine et constructive de la recherche, de la pratique de la recherche et de la gestion d'une équipe de recherche ont créé un environnement constructif et source d'originalité dans nos travaux. Les qualités humaines qui sont les tiennes, ta disponibilité, ta gentillesse ainsi que ton ouverture pour des idées sortant des sentiers battus ont rendu cette aventure passionnante.

Je tiens à remercier sincèrement les doctorants (ou docteurs maintenant) avec lesquels j'ai partagé ces nombreux temps de réflexion et dont les contributions m'ont permis d'avancer vers l'Habilitation à Diriger des Recherches : Trong Hung Nguyen, Saïna Hassanzadeh, Olfa Rejeb et Safae Laqrichi. Ce fut de très bons moments en votre compagnie et je suis très heureux que ces travaux ont contribué à votre projet professionnel.

Je tiens à exprimer des remerciements chaleureux à tout le personnel du Centre de Génie Industriel de l'École Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux, pour la bonne ambiance de travail et les relations cordiales qui sont entretenues au sein de nos structures. Notamment Isabelle pour son aide à l'organisation de cette soutenance, Jacques qui m'a permis de trouver du temps pour rédiger, Paul qui m'a aidé à solutionner des problèmes informatiques mais aussi Mathieu, Elise, Fred, Aurélie, Nico, Anne Marie, Tixien, Paul, François, Franck, Seb, et d'autres collègues et amis de l'école Claudine, Luc, Nathalie, Michèle, et bien d'autres...

J'ai une très grande reconnaissance pour mes parents qui m'ont encouragé et soutenu dans la poursuite de mes études ("j'aimerais bien faire ça.. ça... et ça aussi c'est intéressant..." "passe ton bac d'abord..." :-)) et dans les différents défis personnels et professionnels que j'ai eu à relever pour arriver à cette soutenance. Je ne les remercierai jamais assez pour avoir été de vrais parents. Un grand merci aussi, plein d'affection, à Ioana pour son soutien,

ses encouragements réguliers tout au long de ce parcours, régulièrement pimenté, qui m'a mené à l'HDR et à mes deux enfants pour le bonheur qu'ils me procurent au quotidien. Leur expliquer ce que papa fait au travail, en trouvant les mots adaptés, aide aussi à prendre du recul. J'étais très heureux vous voir tous dans le public lors de ma soutenance.

François

Table des matières

Table des acronymes	1
A Parcours personnel	3
I Curriculum Vitae	5
II Activités de recherche	9
1 Thèmes de recherche	9
1.1 Ordonnancement	9
1.2 Prévision de la demande	13
1.3 Gestion des risques dans les projets et les processus . .	16
2 Insertion dans l'équipe de recherche et rayonnement	22
2.1 Participation à des projets	22
2.2 Evaluation de la recherche	24
2.3 Encadrement	25
2.4 Actions de mobilité	27
III Activités pédagogiques et administratives	29
1 Enseignement et suivi d'élèves	29
1.1 De la recherche vers l'enseignement	29
1.2 Enseignements	30
1.3 Autres activités	33
2 Administration et responsabilités collectives	33
2.1 Co-responsable de l'option GI	33
2.2 Responsable adjoint du domaine GIPSI	33
2.3 Responsable de l'unité d'enseignement Projet Industriel	34
2.4 Participation aux projets de l'École des Mines	34
B Projet de recherche	35
IV Introduction générale.	37
1 Genèse de ce projet de recherche	37
2 Le projet : de multiples déroulés possibles	39
2.1 Le projet	39
2.2 Ses facettes	39

2.3	Des décisions stratégiques pour le projet	41
2.4	Les décisions dans le temps	42
3	Les problématiques traitées	44
4	Cartographie des contributions de ce projet	45
V	Aide au choix des stratégies de traitement des risques	47
1	Introduction	47
2	Identification des scénarios de projet	49
2.1	Scénario de risque	49
2.2	Scénario de traitement	50
2.3	Scénario de projet	51
2.4	Influence des dépendances entre risques	52
3	Sélection de la stratégie de traitement des risques	53
4	Application concrète	54
5	Conclusion	56
VI	Aide au choix des processus en contexte risqué	59
1	Introduction	59
2	Sélection du couple variante/traitement du risque	62
2.1	Des décisions structurantes pour le projet	62
2.2	Approche de résolution	63
3	Arrêt ou poursuite d'un projet	65
3.1	Caractérisation de l'incertitude dans les décisions projet	66
3.2	Modélisation du processus de décisions Go / No Go . .	66
3.3	Phase de décision collaborative	67
3.4	Analyse de l'insatisfaction d'une décision	71
4	Proposition d'un cadre de management de la continuité d'ac- tivité	71
4.1	Particularité du MCA	72
4.2	Cycle de vie du Management de la Continuité d'Activité	73
5	Applications concrètes	74
6	Conclusion	76
VII	Aide au choix des ressources pour des projets risqués	79
1	Introduction	79
2	Estimation de l'effort de réalisation d'un projet	81
2.1	Formalisation du problème d'estimation	82
2.2	Modèle d'estimation de l'effort	82
3	Planification des ressources humaines	85
3.1	Données	85
3.2	Contraintes	87
3.3	Approche de résolution	87
4	Planification des ressources critiques	88
4.1	Une mauvaise synchronisation entre besoin et disponi- bilité	89
4.2	Arbre de décision et critère d'évaluation de solutions .	90

4.3	Processus décisionnel	91
5	Applications concrètes	92
6	Conclusions	93
VIII	Perspectives du projet de recherche	95
1	Aide à la priorisation des projets dans l'allocation des ressources	97
2	Aide à la formulation de réponses à appels d'offres	99
3	Aide à la sélection de projets de nouveaux produits	101
4	Aide à la construction d'un réseau collaboratif	103

Table des acronymes

Laboratoires et formations

EPFL LGPP : École polytechnique fédérale de Lausanne - Laboratoire de Gestion et Procédés de Production
ESI : Ecole nationale Supérieure d'Informatique
FEMTO-ST AS2M : Institut de recherches Franche-Comté Electronique, Mécanique, Thermique et Optique - Sciences et Technologies - Département Automatique et Systèmes Micro-Mécatroniques
FonCSI : Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle
Fraunhofer ISI : Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research
GIPSI : Génie Industriel, Processus et Systemes d'Information
Mines Albi CGI : École nationale supérieure des mines d'Albi-Carmaux - Centre Génie Industriel
UTT : Université de technologie de Troyes

Conférences et journaux

CIE : international conference on Computers & Industrial Engineering
COR : Computers & Operations Research
DSS : Decision Support Systems
GOL : Gestion Opérationnelle de la Logistique (ou Logistics Operations Management LOM)
HMS : symposium on analysis, design, and evaluation of Human Machine Systems
HOPS : international conference on Human and Organisational Factors in Planning and Scheduling
ICPR : International Conference on Production Research
ICSSSM : International Conference on Service Systems and Service Management
IESM : international conference on Industrial Engineering and Systems Management

IJPE : International Journal of Production Economics
IJPR : International Journal of Production Research
JOL : Journal of Operations and Logistics
PPC : Production Planning & Control

Autres acronymes rencontrés dans le documents

ACL : Articles dans des revues internationales
ACLN : Articles dans des revues non répertoriées
ACTI : Communications dans des congrès internationaux
AIT : the satellite Assembly, Integration and Test
CIS : Conscience Individuelle de la Situation (ou Individual Situation Awareness ISA)
COM : Communications orales sans actes dans des congrès
CSC : Connaissance de la Situation de Collaboration (ou Collaborative Situation Awareness CSA)
DMIA : la Durée Maximale d'Interruption Admissible
DNP : Développement de Nouveau Produit
DT : Decision Tree
FIS : Fuzzy Inference System
HAD : Hospitalisation A Domicile
HDR : Habilitation à Diriger des Recherches
MCA : Management de la Continuité d'Activité
MM : Méta-Modèle
MMRE : Mean Magnitude of Relative Error
MOA : Maître d'Ouvrage
MOE : Maître d'Œuvre
NPD : New Product Development
OS : Ouvrage ou chapitre d'ouvrage
PCA : Plan de Continuité d'Activité
PRAO : Processus de Réponse à Appel d'Offre
RN : Réseaux de Neurones
RNM : Ressources Non Matérielles
RPROP : Resilient back PROPagation

Première partie

Parcours personnel

Chapitre I

Curriculum Vitae

M. François André MARMIER
 Né le 07 mars 1980 à Dakar (Sénégal)
 Nationalité Française
 2 enfants
 DOCTEUR en Sciences
 Qualifié MdC
 section 61 CNU (2008, 2014)
 INGENIEUR

Coordonnées professionnelles :
 Ecole des Mines d'Albi Carmaux
 Campus Jarlard
 81 013, Albi Cedex 09
 francois.marmier@mines-albi.fr

Fonctions actuelles

Depuis le 1er janvier 2009.
 Maître-assistant à l'école des Mines d'Albi-Carmaux.
 Resp. adjoint du domaine d'enseignement Génie Industriel, Processus et Systèmes d'Information (GIPSI).
2009 Chercheur au Centre de Génie Industriel.
 Participation et coordination de projets des recherches.
 Encadrement de doctorants.

Cursus universitaire

Thèse de doctorat, spécialité Automatique, Université de Franche-Comté.
 Contribution à l'ordonnancement des activités de maintenance sous contrainte de compétence : une approche dynamique, proactive et multicritère.
2007 Mention Très Honorable, le 12 déc. 07, Univ. de Franche-Comté, jury :

Alexandre DOLGUI	Professeur, ENSMSE, Saint-Etienne	Rapporteurs
Nidhal REZG	Professeur, Université Paul Verlaine, Metz	Rapporteurs
Michel FERNEY	Professeur, UTBM, Belfort-Montbéliard	Examineur
Kondo H. ADJALLAH	MdC - HDR, UTT, Troyes	Examineur
Pascal BRESSY	Ingénieur, DCNS Ingénierie, Toulon	Examineur
Noureddine ZERHOUNI	Professeur, ENSMM, Besançon	Dir. de thèse
Christophe VARNIER	MdC, ENSMM, Besançon	Co-dir. de thèse

Diplôme d'Ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne (42), spécialité Génie Industriel. Cycle par alternance en convention avec l'ISTP.
2004

DUT Hygiène Sécurité et Environnement, IUT de Lorient (56).
2001

Baccalauréat Scientifique option Technologie Industrielle à Montbéliard (25).
1998

Expérience professionnelle

2008 Collaborateur Scientifique, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
(11 mois) Recherche et Projets, Laboratoire de Gestion et Procédés de Production (Suisse).

2007-2008 ATER (61ème section) à temps complet, École Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques, en Productique et informatique, Besançon
(4 mois) (25).

2004-2007 Boursier BDI (Bourse de Doctorant Ingénieur) - LAB, CNRS/Université de
(33 mois) Franche-Comté (Dép. AS2M, FEMTO-ST), Besançon (25).

Enseignement

Activités récurrentes depuis 2009 :

- Mines Albi : 159h TD Gestion de projet, 24h TD Algorithmes et programmation, Systèmes d'informations et Analyse des systèmes (jusqu'en 2013), 136h TD d'autres charges pédagogiques.
- Mastère Spécialisé Risk Engineering, INSA Toulouse : 12h TD en Project Risk Management.
- M1 Ergonomie, CUFR JFC Albi : 24h TD Gestion des risques projets (jusqu'en 2013).
- M2 PLIQ, Université de Strasbourg : 12h TD Gestion de projet 12h TD Gestion des risques (à partir de 2013).
- 2004-2008 140h "face élèves" à l'EPFL (Lausanne) en gestion de production et 192h TD à l'ENSM (Besançon) en gestion des stocks, simulation de flux, programmation et ordonnancement.

Activités de recherche

Thèmes de recherche :	Actuellement : Aide à la décision en conception de projet risqué. Post-doc : Prévion de la demande. Thèse : Ordonnement des activités de maintenance.
Encadrements	3 thèses soutenues co-encadrées (resp. 30%, 40% et 50%). 1 thèse en cours (50%) fin prévue en 2015. 1 post-doc. 3 masters recherche soutenus.
Projet de recherche	FUI 13 ProjEstimate, Sept 2012-2015, acteur. ANR/TECSAN, PlaS'O'Soins, 2011-2014, montage et acteur. Région MP SySO 2010-2013, montage et portage. Européen Eureka/CTI Logiplan 2008, acteur.
Reviewer	Journaux COR, IJPR, IJPE, DSS. Conférences CIE 39, ICPR2013, HMS2013, GOL2014.
Divers	Organisateur d'une session spéciale IEEE GOL 2014. Membre du comité scientifique IEEE GOL. Responsable de session ICPR2013. Participations à organisation : CIGI2005 Besançon, HOPS2008 Lausanne, GDR MACS 2012 Albi.

Expériences administratives

Depuis 2011	Responsable adjoint du domaine d'enseignement Génie Industriel, Processus et Systèmes d'Information (GIPSI) de l'Ecole des Mines d'Albi (environs 55-60 étudiants), plus particulièrement de l'option Génie Industriel (GI) en M2 (40 étudiants).
2009-2011	Co-Responsable avec le Professeur Michel Aldanondo de l'option Génie Industriel en M2 à l'Ecole des Mines d'Albi (40 étudiants).
—	Responsable de l'Unité d'Enseignement Projets Industriels du domaine GIPSI (6 ECTS).
—	Acteur du plan de développement de l'école : actions favorisant la mobilité internationale des chercheurs, la publication de rang A, la diffusion sur archives ouvertes.

Publications et communications

Accessibles pour la plupart via : [http ://perso.mines-albi.fr/ fmarmier/](http://perso.mines-albi.fr/~fmarmier/)

Selon la base de classement AERES :

- Articles dans des revues internationales (ACL) : 8 dont 1 éditorial PPC,
- Articles dans des revues non répertoriées (ACLN) : 2,
- Ouvrage ou chapitre d'ouvrage (OS) : 2,
- Communications dans des congrès internationaux (ACTI) : 29,
- Communications orales sans actes dans des congrès (COM) : 9.

Chapitre II

Activités de recherche

1 Thèmes de recherche

Durant mon parcours, j'ai intégré successivement trois laboratoires de recherche différents : FEMTO-ST AS2M, EPFL LGPP, Mines Albi CGI. Mes travaux de recherche ont alors relevé de trois thématiques principales : l'ordonnancement, la prévision de la demande et la gestion des risques dans les projets et les processus. Cette adaptation a logiquement fait évoluer mes activités, ce qui se concrétise par des publications référencées WoS dans chacun de ces thèmes de recherche.

1.1 Ordonnancement

Les travaux de recherche sur la thématique de l'ordonnancement ont été effectués principalement durant ma thèse sur l'ordonnancement des activités de maintenance. La maintenance industrielle permet aux entreprises d'accroître leur productivité en améliorant la disponibilité des équipements. Le service de maintenance réalise principalement deux types de tâches : la maintenance préventive et la maintenance corrective. L'une des activités du décideur du service de maintenance est de réaliser l'affectation des ressources du service de maintenance et l'ordonnancement des tâches. La résolution du problème d'affectation et d'ordonnancement nous conduit donc à trouver la bonne ressource et la date adéquate pour la réalisation de la tâche de traitement. Le service de maintenance est composé de ressources qui peuvent être de type matériel (outillage, pièces de rechange) ou ressources humaines. Ce sont surtout des ressources humaines, capables de traiter la plupart des tâches, que le service de maintenance gère. Selon leurs activités et leurs formations, elles présentent des différences d'efficacité suivant les tâches qu'elles doivent traiter. Le décideur du service de maintenance doit alors affecter et

ordonnancer les tâches en prenant en compte les particularités propres au contexte de la maintenance : les ressources humaines différentes (niveaux de compétences) et les tâches différentes (préventives ou correctives, nouvelles ou appartenant à un ordonnancement courant). Le décideur doit alors réaliser un ordonnancement afin d'atteindre des objectifs tels que des objectifs de disponibilité des équipements ou encore d'occupation des ressources. Il doit aussi prendre en compte le fait que le contexte de la maintenance est incertain (incertitudes sur l'occurrence des pannes, ...). Le décideur du service de maintenance est alors confronté à un problème d'affectation et d'ordonnancement multi-objectifs en contexte incertain.

A travers ces travaux, nous proposons dans un premier temps, une approche destinée à prendre en compte l'arrivée de nouvelles tâches. Il s'agit d'une approche dynamique et mono-critère pour ce problème d'affectation et d'ordonnancement. Le service de maintenance prend des engagements de disponibilité concernant les équipements dont il assure la maintenance. Selon les équipements, les tâches ont une importance différente que l'on retrouve à travers une pondération. Les performances du service sont alors évaluées suivant un critère qui est la somme pondérée des retards qu'il s'agit de minimiser. L'approche proposée est basée sur la méthode du kangourou. Cette approche stochastique part d'une solution initiale et l'améliore en la modifiant le moins possible afin de ne pas trop perturber le personnel dont le planning est modifié. Nous avons comparé ces résultats à ceux d'heuristiques statiques et les avons présentés dans deux conférences (MARMIER et al. 2006a ; MARMIER et al. 2006b). Ces travaux ont été repris pour la réalisation d'un article ACLN dans la revue JOL (MARMIER et al. 2009c).

Les modifications d'un ordonnancement courant, destinées à améliorer notamment la gestion des retards des tâches, peuvent dégrader d'autres aspects de celui-ci. En effet, la charge de travail doit rester équilibrée entre les ressources et l'arrivée d'une nouvelle tâche ne doit pas conduire à une remise en cause complète de l'ordonnancement. Le problème est alors caractérisé par un ensemble d'objectifs antagonistes à atteindre. Nous avons résolu ce problème multi-objectifs en fournissant au décideur un ensemble de solutions « pareto-efficaces » parmi lesquelles il effectuera son choix. La méthode stochastique d'amélioration de l'ordonnancement, par modification partielle de celui-ci, a donc été adaptée au contexte multi-critères et présentée dans la conférence CIGI (MARMIER et al. 2007d).

L'approche proposée précédemment permet d'intégrer dynamiquement de nouvelles tâches dans un ordonnancement existant et prend donc intrinsèquement en compte les incertitudes liées à l'arrivée de nouvelles tâches. En complément, nous proposons de prendre en compte les imprécisions des caractéristiques des tâches (durées, dates de disponibilité, dates d'échéances) et les niveaux de compétence des ressources au moyen d'une approche proac-

tive permettant d'obtenir des solutions robustes. Dans un premier temps, nous avons utilisé la simulation pour prendre en compte les incertitudes. Ces travaux ont été valorisés dans la conférence IESM (MARMIER et al. 2007b). Le principal inconvénient d'une méthode basée sur la simulation étant le temps de calcul nécessaire, nous proposons une autre approche utilisant la logique floue permettant de modéliser les incertitudes. Celle-ci est basée sur l'utilisation d'un critère de robustesse par rapport à la somme pondérée des retards tel que présenté dans la conférence MCPL (MARMIER et al. 2007e). L'environnement de la maintenance étant par nature multi-critères. Nous avons alors étendu l'approche multi-critères en y intégrant ce critère, afin de rendre robuste les solutions proposées au regard de la somme pondérée des retards. Ces travaux ont été présentés dans le cadre de la conférence ICPR (MARMIER et al. 2007a) et repris dans la revue ACL IJPR (MARMIER et al. 2009b).

A l'heure actuelle, je valorise les compétences acquises au cours de ces travaux au travers de collaborations et de relectures pour des journaux. A mon arrivée au CGI, j'ai travaillé avec le professeur Jacques Lamothe, sur la base de travaux déjà aboutis dans le centre. La problématique traitée concerne l'ordonnancement sur machines parallèles ayant une flexibilité limitée, des setups et des contraintes de ressources secondaires afin de minimiser des retards. Ces travaux ont mené à la publication d'un article ACL dans COR (LAMOTHE et al. 2012). Je collabore aussi avec Sabrina Bouzidi-Hassini, Enseignante chercheur à l'ESI (Algérie) dans ses travaux de thèse. Ces travaux portent sur l'insertion de tâche de maintenance corrective dans des ordonnancements conjoints de production et maintenance avec des problématiques de minimisation de retard, de durée totale de l'ordonnancement, de niveau de risque. Une publication est en cours de rédaction.

Synthèse de la diffusion scientifique

2	Articles en revues internationales (ACL)
1	Articles en revues non répertoriées (ACLN)
6	Communications en congrès international (ACTI)
3	Communications orales sans actes dans un congrès international ou national (COM)
1	Thèse de doctorat

Articles en revues internationales (ACL)

LAMOTHE, Jacques, François MARMIER, Matthieu DUPUY, Paul GABORIT et Lionel DUPONT (2012). « Scheduling rules to minimize total tardiness in a parallel machine problem with setup and calendar constraints ». In : *Computers & Operations Research* 39.6, p. 1236–1244.

- MARMIER, François, Christophe VARNIER et Noureddine ZERHOUNI (2009b). « Proactive, dynamic and multi-criteria scheduling of maintenance activities ». In : *International Journal of Production Research* 47(8), p. 2185–2201.

Articles en revues non répertoriées (ACLN)

- MARMIER, François, Christophe VARNIER et Noureddine ZERHOUNI (2009c). « Static and dynamic scheduling of maintenance activities under the constraints of skills ». In : *Journal of Operations and Logistics* 2(3), p. 1–16.

Communications en congrès international (ACTI)

- MARMIER, François, Christophe VARNIER et Noureddine ZERHOUNI (2006a). « Maintenance Activities Scheduling Under Competencies Constraints ». In : *IEEE International Conference on Service Systems and Service Management (IEEE-ICSSSM'06)*. IEEE International Conference on Service Systems and Service Management (IEEE-ICSSSM'06). Troyes, France, p. 1217–1222.
- (2006b). « Ordonnancement des activités de maintenance sous contraintes de compétences ». In : *Symposium International sur la Maintenance et la Maîtrise des Risques, MMR'06*. Rabat, Morocco.
 - (2007a). « Dynamic and multi-criteria scheduling of maintenance activities ». In : *19th International Conference on Production Research (ICPR-19)*. Valparaiso, Chile.
 - (2007b). « Dynamic scheduling of maintenance activities under uncertainties ». In : *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'2007)*. Beijing, Chine.
 - (2007d). « Ré-ordonnancement partiel et dynamique d'un planning d'activités de maintenance ». In : *7ème Congrès International de Génie Industriel, GI'2007*. Trois Rivières, Québec, Canada.
 - (2007e). « Robustness measure for fuzzy maintenance activities schedule ». In : *4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics, MCPL'2007*. Sibiu : Romania.

Communications orales sans actes en congrès international ou national (COM)

- MARMIER, François, Christophe VARNIER et Noureddine ZERHOUNI (2006c). « Ordonnancement dynamique des activités de maintenance en milieu incertain ». 6ème journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail BERMUDES, Valenciennes.

- (2006d). « Ordonnancement dynamique des activités de maintenance en milieu incertain ». 6ème journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail MACOD, Valenciennes.
- (2007c). « Ordonnancement des activités de maintenance : Une approche dynamique, proactive et multi-critère ». Journée FEMTO-Innovation, Session poster, Besançon.

Thèse de doctorat

MARMIER, François (2007a). « Contribution à l'ordonnancement des activités de maintenance sous contrainte de compétence : une approche dynamique, proactive et multi-critère ». Thèse de doct. Besançon : Université de Franche-Comté.

1.2 Prévvision de la demande

Mon post-doctorat s'est déroulé dans l'équipe de recherche Gestion des Opérations de Naoufel Cheikhrouhou du LGPP de l'EPFL. Il a porté sur la prévision de la demande dans le cadre du projet Européen Eureka/CTI 8300.1 ESPP-ES Logiplan. La finalité de ce projet était de développer un module de prévision de la demande pour les solutions commerciales des partenaires du projet. Les séries chronologiques correspondent à une succession d'observations passées. Prévoir la demande à partir de séries chronologiques consiste à utiliser les données historiques concernant la demande pour obtenir une approximation de la demande future. Différentes approches de prévision, tel que des méthodes mathématiques ou statistiques (MAKRIDAKIS et al. 1998) ont été étudiées et proposées. Bien que les approches mathématiques conduisent à des prévisions fiables en contexte déterministe, des événements aléatoires peuvent rendre les prévisions obsolètes. D'autre part, les prévisionnistes ont pour atout une connaissance partielle du contexte et du potentiel de perturbation des événements externes. Cette connaissance n'est pas utilisable dans les méthodes statistiques car elle correspond à des événements particuliers, tels que les grèves du personnel ou des promotions sur les produits. De nos jours, il a été reconnu que le jugement est un élément indispensable de la prévision (LAWRENCE et al. 2006). Sur cette constatation, nous proposons à travers nos travaux de recherche, une approche intégrant le jugement dans la prévision.

Webby et O'Connor (WEBBY et al. 1996) ont défini quatre types d'approches intégrant le jugement structuré avec des méthodes mathématiques de prévision : la spécification de modèle de prévision est une approche dans laquelle le jugement est utilisé pour sélectionner les variables, spécifier la structure du modèle et définir ses paramètres, en se fondant sur des informa-

tions contextuelles. L'approche de combinaison est basée sur la combinaison de prévisions subjectives et de prévisions mathématiques. Dans la décomposition subjective, jugement et approches statistiques peuvent être appliqués aux différentes étapes du processus de prévision. Enfin, l'ajustement subjectif permet d'ajuster des prévisions mathématiques à partir de facteurs contextuels. Sur la base de ce dernier, Kyu Jae et al. (KYU JAE et al. 1990) ont défini différents facteurs de jugement pour caractériser l'évolution de la demande face à différentes situations. Ces facteurs sont utilisés dans une approche par raisonnement par cas qui a le rôle d'expert prévisionniste. Les principaux facteurs définis sont : le facteur transitoire, qui traduit l'influence d'un événement particulier sur des séries de données, le facteur de transfert d'impact qui transfère l'impact d'un événement d'un point à un autre, sans changer la somme des prévisions et le saut de prévision qui traduit ce qui se produit lorsque l'effet d'un événement est permanent.

L'approche que nous proposons intègre ces facteurs de jugement afin d'aider le prévisionniste, en lui permettant de structurer son jugement, pour ajuster les prévisions. Cette approche permet ainsi d'améliorer la précision des prévisions. Par conséquent, le prévisionniste sera en mesure de structurer et de communiquer ses connaissances concernant l'évolution des marchés (volume total, nombre de concurrents,...), les clients (leur nombre, les besoins, la demande potentielle,...) et les contrats (développement, offres spéciales,...) par des facteurs représentatifs. Ensuite, l'expert doit pondérer les effets des événements modélisés et ajuster les prévisions mathématiques (réalisées au préalable). L'approche globale se résume en trois étapes : le filtrage des données et la réalisation de prévisions mathématiques, la formalisation des facteurs puis le processus d'ajustement. La mesure de l'erreur de prévision permet d'évaluer si les résultats du modèle de prévision correspondent aux données réelles. Les résultats fournis par les prévisions mathématiques sont ainsi comparées à celles fournies par les prévisions ajustées par le jugement de l'expert. L'Erreur Absolue Moyenne (MAE) et le Pourcentage d'Erreur Absolue Moyen (MAPE) sont utilisés pour réaliser ces mesures d'erreurs. Elles prennent en compte à la fois les aspects positifs et négatifs des erreurs et permettent ainsi de mesurer l'amplitude totale des erreurs de prévision.

Cette approche a été appliquée dans l'entreprise Bison Bag, un fabricant de sacs en plastique. Le marché du sac en polyéthylène est analysé et la demande est prévue. Les séries temporelles utilisées sont composées par la demande agrégée mensuelle recueillie sur trois années (2004-2006). Après avoir nettoyé cette série de données, un modèle ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) est appliqué pour prévoir la demande. Suite à cela, notre approche a permis aux experts d'identifier différents facteurs à prendre en considération et à modéliser. Parmi ceux-ci, une offre spéciale que

les vendeurs sont en train de préparer et qui aura pour conséquence qu'une grande partie de la demande de Janvier sera transférée sur les mois de Février et Mars. Les prévisionnistes ont modélisé cet événement par un facteur de transfert et son impact est répercuté sur les prévisions mathématiques. Les prévisions de la demande obtenues portent sur l'année 2007. Pour cette étude de cas, l'approche proposée a un impact important sur l'exactitude des prévisions qui en résulte. L'application de notre approche pour aider l'expert à structurer son jugement, a permis de réduire la MAE de 14% et la MAPE de 18% (MARMIER et al. 2008 ; MARMIER et CHEIKHROUHOU 2010 ; CHEIKHROUHOU et MARMIER 2010). Ces travaux ont été complétés par la proposition d'un système d'inférence floue à base de règles. Celui-ci permet d'intégrer les perceptions différentes et complémentaires d'experts afin de mieux caractériser les événements à venir et aboutir à des prévisions plus fiables (CHEIKHROUHOU, MARMIER et al. 2011).

Ces travaux ont fait l'objet d'un transfert de compétence dans les entreprises Acteos et Proconcept concrétisé par le projet Logiplan. Le projet Logiplan est un projet Européen Eureka/CTI (Center for Technology and Innovation). L'objectif de ce projet se résume dans la conception, le développement et l'intégration de modules innovants de prévision de la demande de marchés industriels. Les modèles (mathématiques et contextuels) développés feront partie intégrante de solutions logicielles commerciales et devraient permettre le développement aussi bien de l'outil Supply Chain Forecasting and Planning dans la suite Supply Chain Planning and Execution de l'entreprise Acteos que du module prévision (forecast planning) dans la suite Proconcept de l'entreprise Pro-concept.

Synthèse de la diffusion scientifique

3	Articles en revues internationales (ACL)
2	Communications en congrès international (ACTI)

Articles en revues internationales (ACL)

CHEIKHROUHOU, Naoufel et François MARMIER (2010). « Human and organisational factors in planning and control ». In : *Production Planning & Control* 21(4), p. 345–346.

CHEIKHROUHOU, Naoufel, François MARMIER, Omar AYADI et Philippe WIESER (2011). « A collaborative demand forecasting process with event-based fuzzy judgements ». In : *Computers & Industrial Engineering* 61(2), p. 409–421.

MARMIER, François et Naoufel CHEIKHROUHO (2010). « Structuring and integrating human knowledge in demand forecasting: a judgemental adjustment approach ». In : *Production Planning & Control* 21(4), p. 399–412.

Communications en congrès international (ACTI)

MARMIER, François, Maria GONZALES-BLANCH et Naoufel CHEIKHROUHO (2008). « Integration of human factors in demand forecasting: A judgemental adjustment approach ». In : International Conference on Human and Organisational Factors in Planning and Scheduling (HOPS). Lausanne, Suisse.

— (2009a). « A new structured adjustment approach for demand forecasting ». In : 39th International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE39). Troyes, France.

1.3 Gestion des risques dans les projets et les processus

J'ai été recruté, en janvier 2009, à l'école des Mines d'Albi pour travailler sur la thématique de recherche de la gestion des risques dans les projets et les processus. Mes travaux de recherche se sont essentiellement orientés sur l'aide à la décision dans le cadre de décisions stratégiques pour les projets/processus dans des contextes risqués. Tout au long des projets/processus, les responsables sont amenés à effectuer des choix pour piloter ou orienter les activités. Chaque décision prise peut générer des contextes différents. Chaque contexte est potentiellement source de risques différents. La prise de décision est alors difficile si l'on essaye de tenir compte des effets des risques et de ceux de leurs traitements sur le planning des activités (d'autant plus lorsqu'il s'agit de décisions séquentielles).

Ces travaux, s'intéressent aux projets et processus de développement de nouveaux produits, systèmes, services caractérisés par de fortes incertitudes et des risques. Dans ce contexte, les incertitudes/risques étudiés portent, entre autres, sur la connaissance du produit/système/service à développer, sur la disponibilité des moyens, sur l'organisation mise en place pour assurer le développement. Il est alors difficile pour les décideurs (responsable projet, responsable de portefeuille, dirigeant), d'identifier et d'évaluer manuellement ou mentalement avec précision les répercussions des décisions qu'ils doivent régulièrement prendre et les scénarios de projets possibles. Il en découle ainsi un besoin en modèles/méthodes/outils, auquel nous apportons des éléments de réponse, pour aider à concevoir, évaluer et piloter les projets/processus en prenant en compte des informations pouvant concerner le produit (ou livrable) du projet, le projet/process d'obtention (HASSANZA-

DEH et al. 2011d ; MARMIER, GOURC et LAARZ 2013 ; HASSANZADEH et al. 2011a ; HASSANZADEH et al. 2012a), les ressources nécessaires (LAQRICHI et al. 2013a, LAQRICHI et al. 2013c, LAQRICHI et al. 2014a) et les risques encourus (NGUYEN et al. 2013).

La plateforme informatique ProRisk, démonstrateur informatique, permet d'outiller différentes contributions scientifiques de ce projet de recherche. Son noyau est issu de la thèse de Nguyen (2011). Sa pérennisation et son amélioration au cours des travaux qui ont suivi contribuent efficacement au développement de collaborations avec d'autres équipes de recherche ayant des compétences complémentaires : EPFL-LGPP, IMS Bordeaux, Université de Strasbourg Beta. Le LGPP a développé des compétences sur la caractérisation des ressources humaines. Les travaux que nous avons entrepris s'intéressent à la question du choix des ressources humaines les mieux adaptées pour les différentes activités d'un projet risqué, en fonction de leurs compétences. Nous avons ainsi proposé un modèle d'évaluation de projet tenant compte du niveau de compétences. Il est caractérisé par l'écart entre le niveau requis, dans chacune des compétences, pour effectuer les activités du projet et celui acquis par les ressources. Cela permet de relier le niveau de compétence des ressources aux critères d'évaluation des projets. Un ACTI a été publié (MARMIER, CHEIKHROUHOU et GOURC 2014) et un article ACL est soumis pour valoriser ces travaux. Avec le laboratoire IMS de Bordeaux nous traitons de la question de l'affectation de ressources critiques à disponibilité limitée dans les organisations portant des projets. Nous avons proposé une approche permettant d'évaluer le risque d'indisponibilité des ressources et d'aider à déterminer les périodes de besoin en ressource par les projets, qui soient robustes aux événements indésirables. 3 ACTI ont été publiés (ROBIN, MARMIER et al. 2013, MARMIER et al. 2013a, MARMIER et al. 2013b) et un ACL est en cours de rédaction pour valoriser ce travail. Le laboratoire Beta de Strasbourg possède des compétences sur le thème de l'innovation et des projets de conception. Une méthode permettant déterminer la solution technologique maximisant les chances de succès du projet parmi un ensemble de solutions possibles a été proposée. Elle prend en compte les risques intrinsèques à chacune d'entre elles ainsi que les différents traitements possibles pour chaque risque. Ces travaux ont donné lieu à 1 ACTI (FILIPAS DENIAUD et al. 2013) ainsi que 1 ACL : CII (MARMIER, FILIPAS DENIAUD et al. 2014).

De manière complémentaire à ces travaux visant l'aide à la décision, nous avons réalisé une étude sur les référentiels de bonnes pratiques en gestion de projet avec l'Université Technique du Danemark (DTU). La question était de mettre en évidence les similitudes et les différences entre les "bonnes pratiques" proposées par les référentiels et les pratiques émergentes issues du terrain. Ainsi nous avons proposé une approche analytique s'appuyant sur la cartographie et la visualisation de réseaux. Ces travaux ont fait l'objet

d'un ACTI (THUESEN et al. 2013) et sont en cours de valorisation par un ACLN (IJMPB) actuellement en 2ème lecture.

Des travaux de recherche traitant de l'étude du niveau de risque dans les processus de servicisation sont en cours avec l'équipe de Xavier Boucher de l'école des Mines de St Etienne. Une approche permettant d'analyser le processus décisionnel de servicisation et de déterminer sa fiabilité a été proposée. L'approche se base sur la comparaison du processus réellement déroulé (des décisions prises) à un processus décisionnel de référence précédemment établi. Deux ACTI ont ainsi été réalisés en 2014 (DAHMANI, BOUCHER, GOURC et al. 2014, DAHMANI, BOUCHER, PEILLON et al. 2014).

Deux principaux domaines d'application ont été sources de problématiques et ont permis l'établissement de cas d'étude :

- le domaine de la santé avec le développement pharmaceutique et le Maintien de personnes A Domicile (MAD). L'activité de développement de nouveaux médicaments est fortement liée à la notion de risques, seul un projet sur dix lancé en développement conduit à la mise sur le marché d'un médicament (HASSANZADEH et al. 2010, HASSANZADEH et al. 2011b, HASSANZADEH et al. 2012b). La santé de patients est, quant à elle, un enjeu pour la MAD. La planification des soins doit être aussi précise que possible (GOURC, MARMIER, CHARDON et al. 2013, GOURC, MARMIER et GABORIT 2014) pour permettre une bonne perception des conséquences d'éventuels impacts et la continuité d'activité assurée en cas de problème majeur (REJEB, MARMIER et al. 2012, REJEB, LAMINE, PINGAUD et al. 2012, REJEB, BASTIDE et al. 2012).
- le domaine de l'aéronautique et du spatial est caractérisé par l'innovation qui est source d'incertitude et de risques. Par exemple dans le domaine spatial, le caractère irréversible du lancement d'un satellite associé au coût de ce dernier et à l'impossibilité de pouvoir effectuer certaines opérations de maintenance/réparations après son lancement rend indispensable une évaluation correcte des risques associés aux décisions de conception, aux stratégies de test et aux choix technologiques effectués (MARMIER, GOURC et LAARZ 2012a, MARMIER, GOURC et LAARZ 2012b).

Synthèse de la diffusion scientifique

3	Articles en revues internationales (ACL)
1	Articles en revues non répertoriées (ACLN)
2	Ouvrage ou chapitre d'ouvrage (OS)
21	Communications en congrès international (ACTI)
5	Communications orales sans actes dans un congrès international ou national (COM)

Articles en revues internationales (ACL)

- MARMIER, François, Ioana FILIPAS DENIAUD et Didier GOURC (2014). « Strategic decision-making in NPD projects according to risk: application to satellites design projects ». In : *Computers In Industry (Accepted paper)*.
- MARMIER, François, Didier GOURC et Frédéric LAARZ (2013). « A risk oriented model to assess strategic decisions in new product development projects ». In : *Decision Support Systems* 56, p. 74–82.
- NGUYEN, Trong Hung, François MARMIER et Didier GOURC (2013). « A decision-making tool to maximize chances of meeting project commitments ». In : *International Journal of Production Economics* 142(2), p. 214–224.

Articles en revues non répertoriées (ACLN)

- HASSANZADEH, Saïna, Didier GOURC, François MARMIER et Sophie BOUGARET (2011b). « Decision-making under uncertainty in drug development ». In : *Project Perspectives, The annual publication of International Project Management Association*.

Ouvrage ou chapitre d'ouvrage (OS)

- HASSANZADEH, Saïna, François MARMIER, Didier GOURC et Sophie BOUGARET (2012b). « Bias in collective decision-making under uncertainty in drug development projects ». In : *Handbook on Psychology of Decision-Making: New Research*. Nova Publishers.
- LAQRICHI, Safae, François MARMIER et Didier GOURC (2014a). « Software Cost and Duration Estimation Based on Distributed Project Data: A General Framework ». In : *Enterprise Interoperability VI*. Sous la dir. de Kai MERTINS, Frédéric BÉNABEN, Raúl POLER et Jean-Paul BOURRIÈRES. Proceedings of the I-ESA Conferences 7. Springer International Publishing, p. 213–224.

Communications en congrès international (ACTI)

- DAHMANI, Sarra, Xavier BOUCHER, Didier GOURC, François MARMIER et Sophie PEILLON (2014). « Towards a Reliability Diagnosis for Servitization Decision-Making Process ». In : 6th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPSS 2014). Windsor, Ontario, Canada.
- DAHMANI, Sarra, Xavier BOUCHER, Sophie PEILLON, Didier GOURC et François MARMIER (2014). « Towards a Reliability Diagnosis for Servitization Decision-Making Process ». In : Spring Servitization Conference 2014 (SSC). Aston, UK.

- FILIPAS DENIAUD, Ioana, François MARMIER et Didier GOURC (2013). « Decision support system for risk management in complex project design ». In : International Conference on Production Research (ICPR-22). Iguassu Falls, Brazil.
- GOURC, Didier, François MARMIER, Marc CHARDON et Laurent STEFFAN (2013). « Towards an algorithm for Homecare Scheduling ». In : Workshop Optimisation des Systèmes, Amélioration Continue et Transformation des Entreprises (W-OSY). Marrakech, Maroc.
- GOURC, Didier, François MARMIER et Paul GABORIT (2014). « An approach based on tabu search technique for solving a multi time window home healthcare scheduling problem ». In : MOSIM 2014 - 10th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation. Nancy, France.
- HASSANZADEH, Saïna, Didier GOURC, François MARMIER et Sophie BOUGARET (2010). « Decision-making under uncertainty in drug development ». In : 24th World Congress IPMA (International Project Management Association). Istanbul (Turquie).
- (2011a). « Decision-making in R&D projects, a framework based on fuzzy logic ». In : 21st International Conference on Production Research (ICPR). Stuttgart (Germany).
- (2012a). « A methodology to identify efficient collaborative practices of decision-making in industrial projects, based on enterprise process modeling ». In : 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM'12. Bucharest, Romania.
- HASSANZADEH, Saïna, François MARMIER, Didier GOURC et Sophie BOUGARET (2011d). « Integration of human factors in project uncertainty management, a decision support system based on fuzzy logic ». In : European Safety and Reliability Association (ESREL). Troyes (France), p. 661–669.
- LAQRICHI, Safae, Didier GOURC et François MARMIER (2013b). « Toward an effort estimation model for software projects integrating risk ». In : International Conference on Production Research (ICPR-22). Iguassu Falls, Brazil.
- LAQRICHI, Safae, François MARMIER et Didier GOURC (2013c). « Proposition d'une classification des méthodes d'estimation des projets de systèmes d'information ». In : 7e Conférence Internationale de Génie Industriel (CIGI2013). La Rochelle, France.
- MARMIER, François, Naoufel CHEIKHROUHOU et Didier GOURC (2014). « Improvement of the planning reliability by the integration of human skills in project risk management ». In : The 2nd IEEE International Conference on Logistics Operations Management (GOL'14). Rabat (Morocco).
- MARMIER, François, Didier GOURC et Frédéric LAARZ (2012a). « A decision-making tool for assess feasibility of risky NPD projects under the constraint of limited resources ». In : The 1st IEEE International Conference on Logistics Operations Management. Le Havre (France).

- (2012b). « Strategic decision-making in NPD projects according to risk: application to satellites integration and test projects ». In : 9th International Conference of Modeling and Simulation, MOSIM'2012. Bordeaux (France).
- MARMIER, François, Didier GOURC, Vincent ROBIN et Séverine SPERANDIO (2013a). « A model of project scenario evaluation to monitor the level of project risk and assess the feasibility of planning ». In : International Conference on Production Research (ICPR-22). Iguassu Falls, Brazil.
- (2013b). « Modèle d'aide à la négociation de ressources critiques en projet risqués ». In : 7e Conférence Internationale de Génie Industriel (CIGI2013). La Rochelle, France.
- REJEB, Olfa, Rémi BASTIDE, Elyes LAMINE, François MARMIER et Hervé PINGAUD (2012). « A model driven engineering approach for business continuity management in e-health systems ». In : IEEE-DEST 2012 - 6th IEEE International conference on Digital Ecosystems and Technologies. Campione d'Italia, Italy.
- REJEB, Olfa, Elyes LAMINE, Hervé PINGAUD, François MARMIER et Rémi BASTIDE (2012). « Toward a Business Continuity Plan for Home-Care Systems ». In : International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine (eTELEMED 2012). Valencia, Spain.
- REJEB, Olfa, François MARMIER, Elyes LAMINE, Hervé PINGAUD et Rémi BASTIDE (2012). « A Framework for Business Continuity Management in Home-Care context ». In : International eHealth, Telemedicine and Health ICT Forum for Education, Networking and Business (Med-e-Tel 2012). Luxembourg.
- ROBIN, Vincent, François MARMIER, Séverine SPERANDIO et Didier GOURC (2013). « An event procedure management to support decision-makers in prospective and real-time project management ». In : 12th IFAC /IFIP /IFORS /IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (HMS). Las Vegas, Nevada, USA.
- THUESEN, Christian, C AARIS BOAS, M. V. THORSLUND, François MARMIER, S GREX et S LYBECKER (2013). « Mapping Best and Emerging Practices of Project Management ». In : 22nd Nordic Academy of Management Conference (NFF2013). University of Iceland Reykjavík.

Communications orales sans actes dans un congrès international ou national (COM)

- HASSANZADEH, Saïna, Didier GOURC, François MARMIER et Sophie BOUGARET (2011c). « Un apport de la modélisation pour l'analyse de processus de décisions collaboratives, dans un contexte incertain et sans urgence - Application aux projets de développement de nouveaux mé-

- dicaments ». 15èmes Journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail Easy-DIM, Tarbes, France.
- LAQRICHI, Safae, Didier GOURC et François MARMIER (2013a). « Estimation des coûts des projets SI par les réseaux de neurones ». Workshop de la structure fédérative Ingénierie des Organisations Distribuées (IODE), Agen, France.
- REJEB, Olfa, Elyes LAMINE, François MARMIER, Rémi BASTIDE et Hervé PINGAUD (2012). « Une approche dirigée par les modèles pour le management de la continuité d'activité dans la prise en charge à domicile ». 16èmes journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail Easy-DIMAlbi, France.
- REJEB, Olfa, Elyes LAMINE, François MARMIER, Hervé PINGAUD et Rémi BASTIDE (2011a). « SySO : Système d'aide au suivi Opérationnel et à la gestion de la prise en charge à domicile ». Université d'été de la e-santé, PGSO VLAB, Castres-Mazamet, France.
- (2011b). « Vers un Plan de Continuité d'Activité pour la Prise en Charge à Domicile ». Journées de l'interopérabilité des applications d'entreprise, PGSO-JIAE'11, Nantes, France.

2 Insertion dans l'équipe de recherche et rayonnement

2.1 Participation à des projets

Accompagnement CIFRE - FonCSI

Appel ou financeur : Fondation pour une Culture de la Sécurité Industrielle (FonCSI)

Contrat CGI : 45 k€ sur 3 ans

Début : 01/10/2009 - Fin : 30/09/2012 - Durée : 36 mois

Rôle : Co-encadrant de la thèse

Thèse associée : Saïna Hassanzadeh (12/2012)

Résumé : Les décisions collaboratives sous incertitude dans les situations non urgentes, comme c'est le cas des projets de R&D pharmaceutiques, sont régulièrement retardées, notamment lorsque la santé humaine et des investissements élevés sont en jeu. Cette thèse a permis d'identifier les causes des retards récurrents dans la prise de décision collaborative sous incertitude et les pratiques efficaces pour réduire ces retards. Ensuite, un processus de prise de décision a été proposé, mettant en évidence le cycle de vie de

l'information.

SySO

Système d'aide au Suivi Opérationnel et à la gestion de la prise en charge à domicile.

Appel ou financeur : Région Midi-Pyrénées

Coût global : 74 k€ - Subv. Totale : 25 k€ - Subv. CGI : 7 k€

Début : 28/10/2010 - Fin : 16/12/2013 - Durée : 38 mois

Rôle : participation au montage et porteur du projet

Thèse associée : Olfa Rejeb (12/2013)

Résumé : Face à l'augmentation de la demande de prise en charge à domicile des personnes âgées ou semi-dépendantes, la mise en place d'un système permettant la coordination et le suivi des interventions des professionnels de l'aide à domicile devient nécessaire. Grâce à l'utilisation des technologies de l'information et de la communication, le projet SySO a permis de (1) déterminer les technologies innovantes permettant de suivre et de coordonner en temps réel les activités liées au maintien à domicile, et de (2) formaliser une démarche de continuité d'activité afin de permettre à l'organisation de tenir ses objectifs en dépit de dysfonctionnements majeurs.

Plas'O'soins

Plateforme d'aide au suivi et à la coordination des activités de soins à domicile.

Appel ou financeur : ANR TECSAN 2010

Pôle de compétitivité : Cancer Bio-Santé

Coût global : 3,6 M€ - Subv. Totale : 1,1 M€ - Subv. CGI : 177 k€

Début : 01/04/2011 - Fin : 31/12/2014 - Durée : 42 mois

Rôle : participation au montage et acteur

Résumé : Pour compléter la prise en charge des patients effectuée par les hôpitaux et cliniques, des structures de proximité, HAD, MAD ou SSIAD, se sont développées ces dernières années. Elles mobilisent des acteurs de proximité qui se déplacent au domicile du patient. Afin d'améliorer la qualité de soins, et dans un souci d'efficience des moyens mobilisés, l'un des enjeux majeurs porte sur la coordination de ces différents acteurs. Le projet PlaS'O'Soins

a pour objectif de développer une plateforme technologique capable d'aider à la coordination et à la planification des activités de tous les acteurs de la prise en charge à domicile. Dans ce contexte, le CGI a développé le module de planification des interventions et des acteurs mobilisés.

ProjEstimate

Appel ou financeur : FUI

Pôle de compétitivité : Systematic

Coût global : 2,7 M€ - Subv. Totale : 1 M€ - Subv. CGI : 182 k€

Début : 01/09/12 - Fin : 31/08/2015 - Durée : 36 mois

Rôle : acteur

Thèses associées : Safae LAQRICHI (en cours)

Résumé : Le succès d'un projet de développement informatique passe, entre autres, par la capacité à le piloter de manière efficiente avec les moyens alloués et dans le respect des engagements de coûts et de délais. La maîtrise des techniques d'estimation pour évaluer ces différents indicateurs dès le stade de l'avant-projet devient alors un gage de maturité des processus de pilotage. Face à la faiblesse des méthodes d'estimation pour satisfaire cet objectif, le projet Projestimate, a pour objet le développement d'une plateforme logicielle Open Source dédiée à l'estimation de projets de développement logiciel. L'enjeu pour le CGI est de proposer une approche ayant une précision d'estimation de l'effort, des coûts, de la durée des projets satisfaisante. L'approche retenue consiste en la proposition d'un modèle d'estimation, utilisant les techniques de réseau de neurones, couplé à des techniques d'évaluation des risques.

2.2 Evaluation de la recherche

Relecture d'articles

Depuis 2009 je suis régulièrement sollicité pour effectuer des relectures pour les revues suivantes :

- Revue IJPR (International Journal of Production Research)
- Revue COR (Computers & Operations Research)
- Revue IJPE (International Journal of Production Economics)
- Revue DSS (Decision Support Systems)

Je suis également régulièrement sollicité pour la relecture d'articles dans

le cadre de conférences : CIE 39, ICPR2013, HMS 2013, IEEE-GOL 2014.

Participation à l'organisation de conférences

En 2008, lors de la conférence HOPS, j'ai notamment géré la relecture des différents papiers de la conférence. Suite à celle-ci, avec Naoufel Cheikhrouhou (LGPP-EPFL, Lausanne) nous avons co-édité un numéro spécial de la revue Production Planning and Control (PPC) (CHEIKHROUHOU et MARMIER 2010).

Depuis 2012, je suis membre du comité scientifique de la conférence IEEE GOL (Logistics Operations Management). Lors de l'édition 2014, j'ai co-organisé avec Ioana Filipas Deniaud (Beta, Strasbourg) et le professeur Didier Gourc (CGI, Mines Albi) une session spéciale intitulée "Risk Engineering". Quatre papiers ont été retenus pour être présentés durant cette session. En 2013 j'ai eu la responsabilité de la gestion d'une session lors de la conférence ICPR.

Sur le plan organisationnel j'ai pu contribuer avec différents degrés d'implications aux conférences : CIGI2005 Besançon, HOPS2008 Lausanne, GDR MACS 2012.

Participation à des jurys de thèse

- Thèse de Trong Hung Nguyen, le 8 septembre 2011 à l'école des Mines d'Albi-Carmaux, France (cf. 2.3).
- Thèse de Saïna Hassanzadeh, le 3 décembre 2012 à l'école des Mines d'Albi-Carmaux, France (cf. 2.3).
- Thèse de Olfa Rejeb, le 2 Décembre 2013 à l'école des Mines d'Albi-Carmaux, France (cf. 2.3).
- Comité de pilotage intermédiaire de la thèse de Anne Winter, le 2 juillet 2014 à l'Université de Strasbourg, France.

Titre : « Evaluation and Design Model of a Green Supply Chain's Performance. Case study at Kuehne + Nagel Luxembourg » depuis février 2013.
Prof. E. Caillaud, Dr I. Deniaud, Univ. de Strasbourg / laboratoire ICube - UMR7357.

2.3 Encadrement

Co-encadrement de doctorat

– Doctorant : Trong Hung Nguyen

Titre : Contribution à la planification de projet : proposition d'un modèle

d'évaluation des scénarios de risque-projet (NGUYEN 2011).
Thèse soutenue le 8 septembre 2011 (durée 4 ans) à Albi, France.
Encadrement : Prof. D. Gourc (50 %) et F. Marmier (50 %).

– Doctorant : Saïna Hassanzadeh

Titre : Analysis of the causes of delay in collaborative decision-making under uncertainty in pharmaceutical R&D projects (HASSANZADEH 2012).

Thèse soutenue le 3 décembre 2012 (durée 3 ans) à Albi, France.

Encadrement : Prof. D. Gourc (40 %), F. Marmier (40 %) et S. Bougaret (20 %) .

– Doctorant : Olfa Rejeb

Titre : Proposition d'un cadre méthodologique pour le management de la continuité d'activité : application à la prise en charge à domicile (REJEB 2013).

Thèse soutenue le 2 Décembre 2013 (durée 3 ans) à Albi, France.

Encadrement : Prof. H. Pingaud (10 %), E. Lamine (50 %), F. Marmier (30 %), R. Bastide (10 %).

– Doctorant : Safae Laqrichi

Titre : Contribution à la planification de projet : proposition d'un modèle d'évaluation des scénarios de risque-projet

Soutenance de thèse prévue en novembre 2015 (durée 3 ans) à Albi, France.

Encadrement : Prof. D. Gourc (50 %) et F. Marmier (50 %).

Co-encadrement de post-doctorat

- Docteur : Marc Chardon

Titre : Planification des activités d'hospitalisation à domicile

Période : 01/06/2013 - 31/03/2014

Encadrement de Master

- Jianghua Nie, Université de Franche-Comté, Master Mécatronique, stage de fin d'étude

Titre : Performance d'un service de maintenance étudiée par la simulation

Période : 01/02/2005 – 31/08/2005.

- Martin Gonzallo, École polytechnique fédérale de Lausanne, stage de fin d'étude

Titre : Minimisation des risques délais et coûts liés aux ressources humaines en gestion de projet

Période : 15/03/2010 - 31/08/2010.

- Frédérique Laarz, École des Mines d'Albi-Carmaux, stage de fin d'étude

Titre : Approche d'aide à la décision pour la sélection de variante projet en contexte risqué

Période : 08/02/2010 - 11/06/2010.

2.4 Actions de mobilité

De mai à août 2014, j'ai effectué une mission de recherche sous convention d'accueil de chercheur au Laboratoire Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA), UMR CNRS 7525 de l'Université de Strasbourg et à l'institut de recherche sur les systèmes et l'innovation de la Fraunhofer (Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Allemagne). Cette mission avait pour objectif de développer des relations et de poursuivre les travaux de recherche déjà initiés.

Chapitre III

Activités pédagogiques et administratives

1 Enseignement et suivi d'élèves

Mon intégration successive dans trois établissements différents a fait évoluer, comme nous l'avons vu précédemment, mes activités de recherche. Ces changements ont aussi logiquement fait évoluer mes activités d'enseignement. Les sections suivantes montrent la cohérence existant entre mes travaux de recherche et les enseignements que je dispense et présentent les enseignements que j'assure couramment à l'École des Mines d'Albi-Carmaux. Cette cohérence me permet ainsi de transmettre aux étudiants les compétences acquises par la recherche.

1.1 De la recherche vers l'enseignement

Durant ma thèse, j'ai eu l'opportunité de donner des cours d'ordonnancement. J'ai, à l'époque, intégralement conçu ce module et son déroulement. Je présentais le positionnement de la fonction ordonnancement dans la chaîne de décision, les différents types d'ordonnancement ainsi que différentes heuristiques utilisées dans l'industrie aussi bien que dans mes travaux de recherche, les logiciels d'ordonnancement, leur utilité et leurs avantages (sur la gestion des délais, des ressources, ...) et réalisé une mise en application sur un problème industriel.

Tout au long de mon post-doc, j'ai animé des cours et réalisé du coaching en gestion de production. Durant ces séances, j'ai enseigné notamment les différents modèles de prévision de la demande et des ventes : les méthodes mathématiques et subjectives de prévision, les méthodes mixtes. Les modèles

et l'approche proposée dans le cadre de ma recherche en sont le prolongement logique, j'ai donc pu les introduire naturellement auprès des élèves.

J'ai été recruté à l'École des Mines d'Albi, pour effectuer principalement des enseignements dans la thématique de la gestion de projet. L'évolution du programme pédagogique qui a eu lieu au cours des années qui ont suivi mon recrutement ainsi que l'augmentation du nombre d'élèves a entraîné une hausse significative des heures à effectuer dans cette thématique. J'effectue des enseignements de base : la planification des délais, des ressources ou encore le suivi de projet, mais aussi des enseignements plus proches de mes activités de recherche : prise en compte de l'incertitude dans l'évaluation de projet, les arbres de décision pour décider des projets à lancer ou encore la gestion des risques projets. Je réalise ainsi un cours présentant l'approche de gestion des risques projet, orientée scénario de risques issue de la 1^{ère} thèse que j'ai co-encadrée (NGUYEN 2011). Les enseignements que je dispense actuellement à l'extérieur de l'École des Mines, font eux aussi appel à ces compétences.

1.2 Enseignements

Avant mon arrivée à l'École des Mines d'Albi, j'ai effectué au cours de mes deux dernières années de thèse 192h TD à l'ENSMM et à l'université de Franche-Comté (Besançon) en gestion des stocks, simulation de flux, programmation et ordonnancement. Durant mon année de post-doc j'ai réalisé 140h d'enseignement "face élèves" à l'EPFL et l'IML (Lausanne) en gestion de production.

Les enseignements que j'assure de manière récurrente à l'École des Mines d'Albi sont les suivants :

Management de Projet

Thèmes : Compréhension du besoin et structuration du projet, Planification des délais, des ressources, Suivi de projet

Formation/Niveau : Elève/L3

Heures élèves : 36 hTD, 7,5 hTP

Année : 2009-2014

Algorithmes et programmation, Systèmes d'informations et Analyse des systèmes

Thèmes : Programmation en langage C++, initiation et découverte des systèmes d'informations, gammes et nomenclatures

Formation/Niveau : Elève/L3

Heures élèves : 24 hTD

Année : 2009-2013

Organisation des Projets

Thèmes : Management des risques, Gestion de projet agile, Évaluation de projets et incertitudes, Gestion multi-projet

Formation/Niveau : Elève/M1

Heures élèves : 12 hC, 7 hTD

Année : 2009-2014

Conduire les Projets

Thèmes : Estimation de projet/Coûtenance, Gestion de portefeuille de projet, Outils et organisations

supports à la gestion de projet (Logiciel, tableau de bord et PMO)

Formation/Niveau : Elève/M2

Heures élèves : 20 hC, 5 hTD, 4 hTP

Année : 2009-2014

Développement de Projet Industriel

Thèmes : Introduction à l'activité de consultant et à la conception de projet

Autres activités du module : coordination des intervenants

Formation/Niveau : Elève/M2

Heures élèves : 4 hC

Année : 2011-2014

Filière Métier : Chef de Projet Produit Nouveau

Thèmes : Découverte du métier de chef de projet produit nouveau

Autres activités du module : recrutement d'intervenant et coordination

Formation/Niveau : Elève/M2

Heures élèves : 4 hC

Année : 2009-2014

Projet et Maitrise d'œuvre

Thèmes : Planification des ressources, Suivi de projet, Management des risques, Gestion de projet agile

Formation/Niveau : Apprenti/M1

Heures élèves : 12 hC, 10 hTD, 4 hTP

Année : 2009-2014

Conduite de Projet et application

Thèmes : Estimation de projet/Coûtenance, Fiche pour le pilotage de projet

Formation/Niveau : Apprenti/M2

Heures élèves : 6 hC, 4 hTD
Année : 2009-2014

Depuis 2009, j'ai effectué les enseignements suivants auprès d'autres établissements que l'École des Mines d'Albi :

Project Risk Management

Thèmes : Gestion des risques dans les projets (cours en anglais)
Formation/Niveau : Mastère Spécialisé Risk Engineering, INSA et ICSI Toulouse
Heures élèves : 12 hTD
Année : 2009-2014

Gestion de Projet

Thèmes : Planification des délais et gestion des risques
Formation/Niveau : CUFR JFC Albi, Master Ergonomie/M1
Heures élèves : 24 hTD
Année : 2010-2013

Gestion de projet

Thèmes : Compréhension du besoin et structuration du projet, Planification des délais, des ressources, Suivi de projet
Formation/Niveau : Université de Strasbourg, Master Management des projets et des organisations - Production, logistique, innovation / M2
Heures élèves : 12 hC
Année : 2013-2014

Gestion des risques

Thèmes : Gestion des risques dans les projets
Formation/Niveau : Université de Strasbourg, Master Management des projets et des organisations - Qualité / M2
Heures élèves : 12 hC
Année : 2013-2014

J'ai eu la chance de pouvoir effectuer des enseignements dans des établissements différents tels que des universités (Albi, Besançon, Strasbourg), des Écoles d'ingénieur (ENSMM Besançon, Mines Albi, EPFL Lausanne, INSA Toulouse) mais aussi des instituts de formation (IML Lausanne, ICSI Toulouse). J'ai enseigné devant des publics très différents en formation initiale, en formation continue, mais aussi en formation par alternance et ceci à des niveaux différents (L3, M1, M2, Mastère Spécialisé). J'ai effectué ces cours

en Français, mais aussi en Anglais.

Ces activités pédagogiques ont ainsi donnée lieu :

- à la création et la réalisation de nouveaux enseignements ou d'enseignements existants (Cours, TD, TP, Etudes de cas, Evaluation) ;
- au développement d'approches pédagogiques originales et adaptées à la matière enseignée (utilisation de Nouvelles Technologies, de jeux pédagogiques, ...).
- au développement de supports de cours, à la création de TD et de TP.

1.3 Autres activités

Aux activités d'enseignement présentées ci-dessus, vient se rajouter la participation à des jurys d'évaluation ainsi que des encadrements d'élèves :

- Encadrement de stages Technicien, Assistant Ingénieur et stages de fin d'étude Ingénieur (environ 10 stages par an) ;
- Tuteur pédagogique d'étudiants par alternance durant leurs trois années de formation (2 étudiants suivi) ;
- Référent d'étudiants en formation initiale durant leurs trois années de formation (environ 6 étudiants suivis toutes années confondues) ;

Ces charges pédagogiques représentent en moyenne 130 heures d'activités par an.

2 Administration et responsabilités collectives

2.1 Co-responsable de l'option GI

De 2009 à 2011, j'ai été Co-Responsable avec le Professeur Michel Aldanondo de l'option Génie Industriel en M2 à l'École des Mines d'Albi (40 étudiants). Parmi les activités dont j'avais la responsabilité, il y avait la réalisation des emplois du temps et la planification des interventions externes, la gestion des notes, la promotion de l'option auprès des candidats, la participation aux conseils de promotion, la gestion de problèmes divers.

2.2 Responsable adjoint du domaine GIPSI

Depuis 2011, une restructuration en domaine d'enseignement a eu lieu à l'École : le professeur Jacques Lamothe est désormais responsable du domaine d'enseignement Génie Industriel, Processus et Systemes d'Information (GIPSI) de l'École des Mines d'Albi (environ 55 étudiants). Je suis son adjoint et l'assiste plus particulièrement dans la gestion de l'option Génie

Industriel en M2 (40 étudiants).

2.3 Responsable de l'unité d'enseignement Projet Industriel

Je suis responsable de l'Unité d'Enseignement (UE) Projets Industriels du domaine GIPSI (6 ECTS). Cette unité d'enseignement regroupe 2 Éléments Constitutifs (EC) avec une proximité directe avec le monde industriel. Dans le cadre du 1^{er} EC, les étudiants ont pour mission d'aider un porteur de projet à créer une activité nouvelle. Dans le 2^{ème} EC de l'UE les étudiants jouent le rôle de consultant junior. Ils étudient une problématique concrète en entreprise, proposent des solutions et conçoivent le projet que l'entreprise devra mettre en œuvre pour les réaliser. Ainsi, le livrable de ce projet est un projet de mise en œuvre des solutions préconisées.

Mon rôle au niveau de l'UE consiste à l'améliorer chaque année en tenant compte des remarques des étudiants et de l'évolution du programme pédagogique, à piloter les intervenants, piloter la recherche de sujets et à gérer la remontée des évaluations.

2.4 Participation aux projets de l'École des Mines

Je suis acteur du plan de développement de l'École des Mines d'Albi et notamment des actions favorisant : la mobilité internationale des chercheurs, la publication de rang A, la diffusion sur archives ouvertes.

Deuxième partie

Projet de recherche

Chapitre IV

Introduction générale

1 Genèse de ce projet de recherche

Mon parcours d'enseignant chercheur a démarré en décembre 2004 avec une thèse portant sur la résolution d'un problème d'affectation et d'ordonnancement des activités de maintenance. Les activités de maintenance étant réalisées par des ressources humaines, le niveau de compétence influe sur la durée des tâches. L'un des verrous de ce problème est la difficulté de trouver la bonne ressource du service de maintenance et la date de traitement adéquate pour les différentes tâches à traiter. Ces travaux m'ont principalement conduit à proposer deux approches. L'une, dite "statique", permettant de réaliser un ordonnancement initial pour des activités plutôt de type préventif. L'autre, dite "dynamique", permettant d'insérer de nouvelles tâches, principalement correctives, dans un ordonnancement existant. Ces travaux se sont inscrit dans le cadre d'un projet de recherche partenariale avec la DCNS. Ils ont été valorisés dans une publication dans une revue ACL (MARMIER et al. 2009b) et une publication dans une revue ACLN (MARMIER et al. 2009c). Sur la base de ces travaux de thèse, j'ai obtenu la qualification en section 61 de la CNU. A l'heure actuelle, je continue de développer et valoriser ces compétences, notamment par un article ACL (LAMOTHE et al. 2012), plusieurs reviewing pour des journaux, ou encore l'accompagnement d'une doctorante de l'ESI (Algérie) dans ses travaux de thèse.

Par la suite, j'ai effectué un post-doc à l'EPFL au Laboratoire de Gestion et Procédés de Production de février à décembre 2008. Il a eu lieu dans le cadre du projet Européen Eureka/CTI Logiplan. Mes travaux de recherche concernaient la prévision de la demande. Il s'agit, à partir de données historiques, d'obtenir une approximation de la demande future. Cependant, le prévisionniste détient la connaissance d'évènements à venir. Les facteurs de jugement relatifs à l'incidence de ces évènements sont difficilement in-

tégrables dans les prévisions. En aidant le prévisionniste à structurer son jugement et sa connaissance des événements à venir, nous avons ainsi proposé une approche permettant d'améliorer la précision des prévisions. Ces travaux ont été valorisés par 2 publications dans des revues ACL (MARMIER et CHEIKHROUHOU 2010 et CHEIKHROUHOU, MARMIER et al. 2011) et ont fait l'objet d'implémentation dans les solutions commerciales des partenaires industriels du projet. La figure IV.1 positionne dans le temps ces thèmes de recherche et les publications associées.

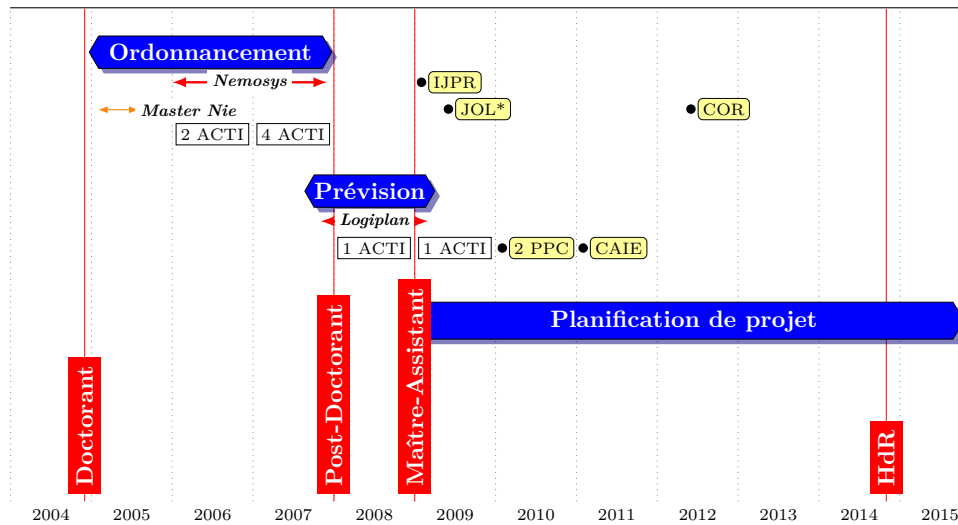


FIGURE IV.1 – Activités de recherche avant 2009

J'ai été recruté, en janvier 2009, à l'école des mines d'Albi-Carmaux pour travailler sur la thématique de recherche de la gestion des risques dans les projets et processus. Le projet de recherche, que je présente dans ce mémoire, s'articule autour des contributions auxquelles j'ai participé sur cette thématique. Le besoin d'outils d'aide à l'analyse et à la décision pour la gestion des risques-projet, déjà identifié notamment dans le secteur de la santé, a ainsi été la source de mon projet de recherche. Celui-ci a été possible grâce aux compétences que j'ai acquises lors de mes expériences précédentes en recherche et à celles présentes au Centre de Génie Industriel (CGI) de l'école des mines d'Albi-Carmaux. Mes compétences ont porté sur l'ordonnancement, la planification, la prise en compte des facteurs humains et des compétences, l'aide à la décision. Elles ont été complétées par celles présentes au CGI en gestion de projet, gestion des risques, en aide à la décision afin de construire le projet de recherche présenté dans ce document.

Suite à ce chapitre introductif, trois chapitres présentent les différentes contributions du projet : (1) sur l'aide au choix des stratégies de traitement des risques, (2) sur l'aide au choix des processus en contexte risqué, (3) sur l'aide à la planification des ressources. Un dernier chapitre présente les

principales perspectives que nous avons privilégiées pour ce projet.

2 Le projet : de multiples déroulés possibles

2.1 Le projet

Selon l'ISO, un projet est « un processus unique, qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques telles que des contraintes de délais, de coûts et de ressources » (ISO10006 2003). Le cahier des charges définit l'ensemble des fonctionnalités ou des caractéristiques du livrable (résultat) attendu. Le projet est composé de processus et d'actions qui font appel à des savoirs spécifiques et ont une charge de travail. Ils créent de la valeur en utilisant les ressources et contribuent à l'obtention du livrable (LORINO 2003).

2.2 Ses facettes

Chaque projet est unique, par le degré de nouveauté que le livrable présente. Cette perception relative au livrable attendu est classique. Cependant, le projet sera aussi unique car certaines activités réalisées au cours de celui-ci n'auront jamais été réalisées dans l'organisation. Bien souvent plusieurs alternatives de réalisation sont possibles. Ainsi, pour satisfaire le besoin défini dans le cahier des charges, plusieurs projets différents pourront être envisagés. Que ce soit dans le cadre d'un projet d'ouvrage, ou d'un projet de Développement de Nouveau Produit (DNP), pour un même ensemble de spécifications décrites dans le cahier des charges, des solutions technologiques différentes (composants différents, sous-ensembles différents ou encore le livrable complet peut être différent) peuvent être développées. Le livrable qui sera ainsi réalisé pourra être différent selon les choix retenus tout en respectant de manière équivalente le Cahier des Charges. Afin de réaliser le livrable, des processus et activités sont mis en œuvre. Des processus différents peuvent aboutir au même résultat. Ainsi pour un même résultat, il est possible d'enchaîner des activités différentes. Ces processus mobilisent les ressources génériques et nominatives de l'organisation. Elles sont affectées aux différentes activités. Les ressources nominatives sont uniques, les génériques ne le sont pas. Bien souvent, il y a plusieurs possibilités dans le choix des ressources affectées. Les ressources humaines ont des compétences. Leur efficacité a une influence sur le déroulement du projet. Elles contribuent ainsi à son caractère unique.

Une fois le projet démarré, le déroulé réel sur le terrain diffère rapidement

de la planification prévisionnelle. La survenue d'évènements perturbant les activités en est l'une des principales raisons. Selon les évènements qui surviennent, le projet diffèrera. Pour maîtriser le bon déroulement de celui-ci des actions spécifiques de gestion des évènements indésirables peuvent alors être mises en place. Lorsque celles-ci sont prévues à l'avance, elles sont intégrées au planning prévisionnel. Cependant, il existera toujours des évènements aléatoires pour lesquels un traitement devra être décidé a posteriori. Pour gérer un évènement possible, différentes actions sont possibles, conduisant à différents projets.

Pour un même besoin :

- un ensemble de technologies peuvent être envisageables comme par exemple le fait de d'intégrer un moteur électrique ou un moteur à combustion lors de la conception d'un véhicule ;
- plusieurs types de processus de réalisation peuvent être mis en œuvre. La réalisation d'une pièce technique ou d'un assemblage peut par exemple être effectuée manuellement ou en automatique sur une machine ;
- un ensemble de parties prenantes et d'acteurs différents auront à participer. Des sous-traitants ou partenaires différents peuvent être envisagés pour constituer le consortium du projet, des ressources humaines différentes peuvent être retenues pour réaliser une activité ;
- différents risques et familles de risques peuvent survenir ;
- différentes stratégies de traitement du risque sont possibles tels que des stratégies préventives ou correctives exclusivement ou encore des combinaisons des deux.

Une variation de l'un de ces aspects, aura des répercussions sur le projet. Cela aura pour résultat de générer un projet plus ou moins long et coûteux. A part les risques qui sont des évènements aléatoires, les différents éléments de cette liste, qui n'est pas exhaustive, peuvent faire l'objet de décisions, d'arbitrages, de sélections. Tous ces éléments sont des facteurs accroissant le nombre de déroulés possibles pour un même projet.

Si l'on excepte le cas où le besoin du projet n'existe plus, celui-ci se terminera si les objectifs sont atteints ou s'il ne peuvent plus être tenus (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013). Il va sans dire que la préférence va naturellement vers la capacité à atteindre les objectifs. Face à la complexité du nombre de projets différents possibles pour un même besoin et à la nécessité de tenir les objectifs, le management de projet consistera à s'assurer :

- du bon déroulement de ces activités,
- de la mobilisation des bonnes ressources au bon moment,
- de la réalisation du livrable correspondant aux exigences (AFNOR 2005).

Les décisions qui devront alors être prises pour concevoir et piloter le

projet devront ainsi avoir pour finalité de favoriser la tenue d'engagements ou d'objectifs malgré la survenue possible d'évènement perturbateurs.

2.3 Des décisions stratégiques pour le projet

Parmi l'ensemble des projets possibles pour répondre à un même cahier des charges, un seul sera réalisé. Il s'agit pour les décideurs de faire en sorte que le projet réalisé respecte les engagements pris et atteigne les objectifs fixés. Le projet réalisé doit alors correspondre au projet planifié. Le projet planifié doit ainsi prendre en compte les risques pouvant survenir. Ainsi sur chacun des aspects pour lesquels différentes alternatives sont possibles, des décisions devront être prises. Les leviers de décision se répartissent classiquement suivant les axes Produit ou livrable dans le cadre d'un projet (avion à réacteur ou à hélices par exemple), Process (réalisé entièrement en interne ou partiellement sous-traité par exemple), Ressource (utilisation d'une salle blanche particulière par exemple) (PPR). Pour tenir compte des effets des risques, il est ainsi nécessaire de rajouter l'axe Risque (PPR^2). Le projet devra alors intégrer les effets de chacune de ces décisions. Les décisions et choix peuvent être effectués en conception du projet ou lors du pilotage de celui-ci. Lorsque le projet sera achevé, un retour d'expérience sera effectué.

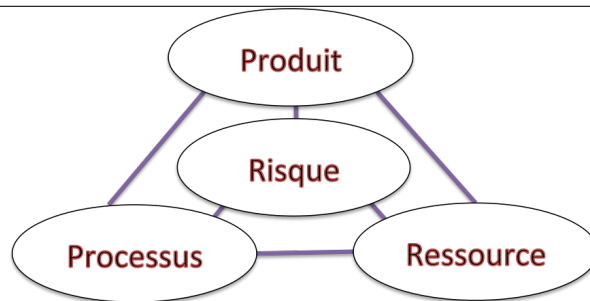


FIGURE IV.2 – Axes décisionnels en projet (PPR^2)

Les solutions technologiques retenues pour la réalisation du livrable sont développées/réalisées par des processus. Le choix d'une solution technologiques, plutôt qu'une autre, orientera vers le choix de processus dans le cadre du projet. Les processus mis en œuvre, mobilisent des ressources humaines et matérielles. Le choix d'un processus influera sur le besoin particulier de certaines ressources. Les ressources ont une disponibilité qui n'est, par nature, pas infinie. La disponibilité de certaines ressources (équipements de production ou de test) pourra orienter vers le choix d'une solution technologique en particulier. Les risques pouvant survenir durant le projet peuvent avoir une incidence sur les axes PPR que nous venons d'évoquer. Ils peuvent influencer par exemple sur le déroulé des activités ou sur la disponibilité des ressources. Le

traitement du risque quant à lui influera de manière réciproque pour essayer de modérer l'effet du risque ou de réduire sa probabilité de survenue et donc de perturbation. Ainsi, le traitement du risque pourra influencer les 3 autres axes de décision. Ces différents axes décisionnels sont interdépendants tels que représentés sur la figure IV.2 et peuvent fonctionner comme un système de contrainte.

Différentes équipes de recherche étudient de manière complémentaire certains de ces aspects de ce sujet. Le Laboratoire Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris s'intéresse aux risques pouvant survenir dans les grands projets. Ils proposent notamment une modélisation des interactions entre les risques par des réseaux (FANG et al. 2012). Le Laboratoire Génie de Production de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes s'intéresse au risque dans les Processus de Réponse à Appel d'offre. Sur la base de retours d'expériences de projets passés, ils utilisent des raisonnements par analogies pour évaluer le niveau de risque (BOTERO et al. 2012). Le laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système de Bordeaux s'intéresse aux projets de conception. Afin de faciliter la gestion et l'évolution des systèmes de conception et intrinsèquement diminuer le niveau de risque, ils proposent un modèle intégré Produit, Process, Organisation (ROBIN et GIRARD 2006). Des chercheurs de l'université de Southampton s'intéressent depuis plusieurs années déjà aux méthodes de gestion des risques projet. Dans le cadre de l'association de responsables de projets APM (Association for Project Management), ils formalisent les processus de gestion des risques projet (CHAPMAN 1997).

2.4 Les décisions dans le temps

Dès lors que le projet est lancé, différents groupes de processus sont mis en œuvre et répétés de manière itérative tout au long du projet ou des phases de projet. Ils ont pour objectif d'appliquer les connaissances et les compétences appropriées en matière de gestion de projet. Ils permettent ainsi la conception du projet et son pilotage. Dans la figure IV.3, le PMI illustre les interactions et la superposition des 5 groupes de processus : Démarrage, Planification, Exécution, Suivi et contrôle et Clôture.

Ces processus abordent avec différents niveaux d'intensité des questions structurantes pour le projet. Ainsi, selon l'avancement dans le projet ou la phase du projet certains domaines de connaissance peuvent être ainsi plus ou moins préoccupants afin de concevoir, piloter ou reconcevoir le projet. Parmi les prismes de focalisation de ces questionnements on retrouve la décomposition *PPR*² proposée précédemment.

Différents indicateurs sont utilisés pour évaluer les projets conçu :

- Triptyque classique Coût, Qualité, Délai,

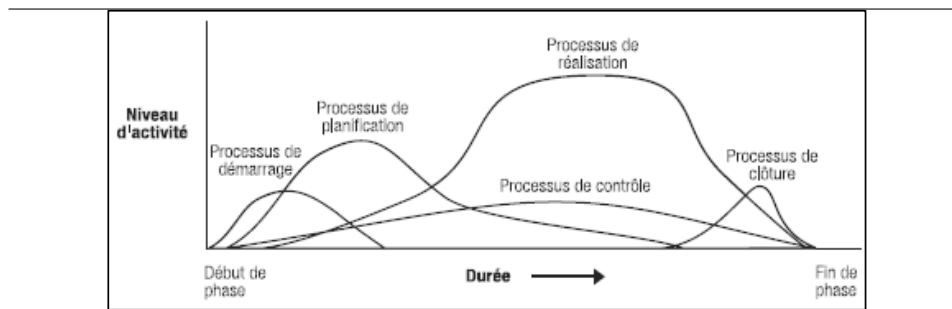


FIGURE IV.3 – Les groupes de processus (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013)

- Mais aussi le niveau de risque du projet ou de la phase du projet, ainsi que la charge des ressources.

Le groupe de processus de démarrage se compose des processus effectués pour définir le nouveau projet ou une nouvelle phase d'un projet existant. Durant les processus qui composent ce groupe, l'évaluation des résultats attendus, la validation des objectifs et la faisabilité se feront au regard des moyens de l'entreprise. C'est durant ces processus que se posera la question de lancer le projet ou la phase. Ainsi au cours de ce groupe de processus des questions porteront entre autre, sur :

- Les solutions technologiques développées/ développables pour réaliser le livrable du projet.
- Les « ensembles de ressources » qu'il sera nécessaire de mobiliser pour réaliser le projet.

Le groupe de processus de planification se compose des processus effectués pour déterminer la portée totale de l'effort, définir et affiner les objectifs et développer le plan d'action nécessaire pour atteindre les objectifs. Le plan de gestion de projet et les documents de projets sont développés dans ce groupe de processus. Ils explorent tous les aspects de la portée, la durée, le coût, la qualité, les communications, les ressources humaines, les risques, les marchés, et l'engagement des parties prenantes. Pour certains projets, les risques ne seront identifiables qu'après être descendu dans un niveau de détail suffisant de la planification. Ainsi dans ce groupe de processus, des questions se poseront concernant :

- la définition des processus mis en œuvre pour atteindre les objectifs,
- les ressources qui seront affectées aux différentes activités,
- les actions à engager pour traiter les différents risques du projet et la capacité de l'organisation.

Les indicateurs complétés durant la planification, serviront dans les processus d'exécution et de contrôle, pour savoir si le projet s'écarte de la trajectoire qui lui est définie pour tenir ses objectifs. Durant ces processus, les

questions qui se poseront seront principalement de savoir si le déroulement est conforme au prévisionnel et si des actions de traitement d'évènements perturbateurs doivent être mise en œuvre.

Enfin, le groupe des processus de clôture visent à formaliser la fin du projet ou de la phase, Cela passe entre autre par la validation du client, le retour d'expérience et l'archivage des informations.

Ainsi, tout au long du projet, le planning du projet fait apparaître des jalons qui peuvent avoir la particularité de mettre en situation de décision certains acteurs du projet. On parle alors de jalons décisionnels. Ces décisions peuvent porter sur les 4 axes énoncés précédemment (PPR^2) avec une focalisation variable selon l'avancement dans le projet et les préoccupations. Le projet tel qu'il pourra être observé a posteriori se construit donc progressivement au fur et à mesure de l'arrivée de nouvelles connaissances. Le manque de connaissance initial rend difficile l'évaluation anticipée de l'effet cumulés des différentes décisions sur le projet.

3 Les problématiques traitées

Comme dans la plupart des contextes de prise de décision, il est nécessaire d'avoir des informations pour décider. Celles-ci peuvent cependant être nombreuses, disséminées dans l'organisation, incertaines voir incomplètes. Accéder à la connaissance pertinente, c'est à dire juste celle qui est nécessaire, peut dans certains cas s'avérer compliqué. Sur la base de cette connaissance, le décideur établit l'ensemble des scénarios de projets possibles. Ceux ci comprennent un livrable identifié, un processus de réalisation déterminé, un ensemble de ressources, les risques pouvant survenir et leur traitement. Ces scénarios sont évalués. La construction de cet ensemble peut ainsi devenir rapidement complexe. La planification de projet permet de renseigner certains indicateurs classiques tels que la durée ou les coûts afin d'aider à la prise de décision. Cependant, elle ne permet pas de prendre des décisions "robustes" au regard des évènements indésirables pouvant survenir. Les approches traditionnelles de gestion des risques, traitant les risques séparément, ne permettent pas d'avoir une vision réaliste du niveau de risque des projets de l'organisation. Elle ne permettent donc pas de les concevoir pour qu'ils soient moins "risqués" au regard de leurs propres objectifs et de ceux de l'organisation.

Les différentes problématiques traitées dans ce document, pour lesquelles nos contributions apportent des éléments de réponses, sont alors :

- Comment identifier et analyser l'ensemble des scénarios de projet possibles afin de proposer la stratégie de traitement des risques la plus pertinente ?
- Comment choisir les activités du projet pour le rendre plus robuste face à

la survenue d'évènements indésirables ?

- Comment prendre en compte les ressources du projet afin de maximiser la tenue des engagements ?

La figure IV.4 positionne nos contributions au regard des difficultés rencontrées lors de la prise de décision.

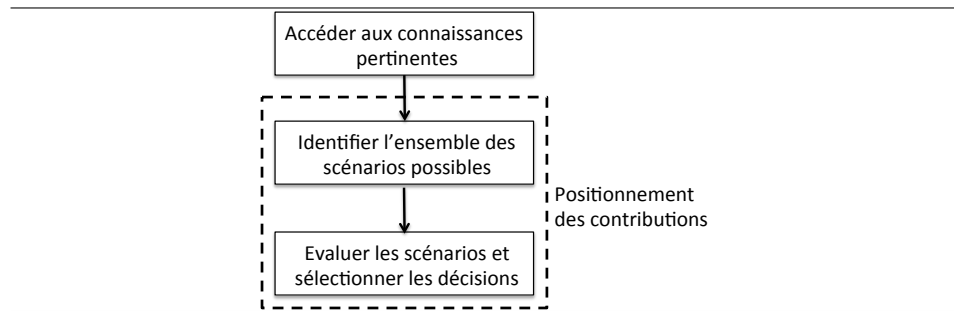


FIGURE IV.4 – Positionnement des contributions

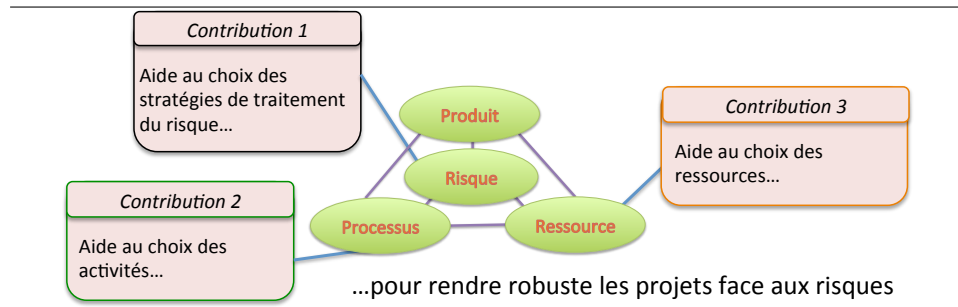
4 Cartographie des contributions de ce projet

La figure IV.5 positionne nos contributions sur le framework PPR^2 . Trois thèmes de recherche ressortent. Ils ont pour finalité de proposer les concepts, modèles, approches et outils afin que le décideur soit capable de :

- Contribution 1 : déterminer les stratégies de traitement du risque les plus pertinentes. Ces travaux se positionnent principalement sur l'axe "Risque" du framework PPR^2 .
- Contribution 2 : choisir les processus en présence de risques. Ces travaux se positionnent principalement sur l'axe "Processus" du framework PPR^2 .
- Contribution 3 : sélectionner les ressources adéquates, disponibles dans l'organisation. Ces travaux se positionnent principalement sur l'axe "Ressource" du framework PPR^2 .

L'axe "Produit", ou livrable dans le cas d'un projet, est aussi un axe important. Le choix d'un produit a une influence directe sur les processus à mettre en œuvre. Cet aspect a ainsi pu être traité à travers les répercussions du choix du produit sur le processus et a donc été couvert dans les contributions sur l'axe "Processus".

Ce mémoire positionne ainsi la majorité des travaux de recherche que j'ai pu réaliser ou à l'encadrement desquels j'ai participé. Ils ont été menés depuis mon arrivée au CGI en tant que Maître Assistant dans l'équipe du Professeur Didier Gourc. Ce laboratoire s'intéresse de longue date à la prise en compte du risque dans les activités notamment à travers les travaux menés dans le cadre de l'HDR de Didier Gourc. Ces travaux ont ainsi porté

FIGURE IV.5 – Positionnement des contributions sur le framework PPR^2

sur la caractérisation, l'identification du risque dans les projets, la capitalisation des connaissances relatives aux risques des projets, ainsi que sur le développement de concepts pour prendre en compte le risque dans le pilotage des processus. L'HDR que je présente ici en est ainsi le prolongement. Ces travaux répondent à des problématiques industrielles de secteurs différents tels que la santé, l'aéronautique et le spatial, le bâtiment. Ils ont été menés pour certains dans le cadre de collaborations industrielles mais aussi académiques, dans des contextes de projets de recherche financés ou non. Ils ont été l'occasion pour moi de m'initier à l'encadrement d'étudiants de niveau bachelor, master ainsi qu'en thèse sur des sujets de recherche.

Une synthèse des contributions apportées respectivement sur les trois thèmes que nous venons d'évoquer est ainsi présentée dans les trois chapitres suivants. Elles permettent la conception et le pilotage des projets et des activités en contexte risqué. Le chapitre V présente ce qui fut le noyau de ce travail de recherche, à savoir une approche permettant d'identifier les scénarios de projet et de déterminer les meilleures stratégies de traitement du risque. Le chapitre VI prolonge cette vision en s'intéressant de manière complémentaire au choix des activités du projet. Les contributions présentées dans ce chapitre permettent ainsi d'aider à sélectionner les processus maximisant la tenue des objectifs. Une fois les activités du projet positionnées dans le temps, le chapitre VII présente nos contributions relatives aux décisions portant sur les ressources. Les approches proposées permettent d'identifier le besoin en ressource du projet, de sélectionner et d'affecter les ressources humaines et matérielles aux activités.

Enfin, nous présentons les perspectives de ce projet de recherche dans le chapitre VIII.

Chapitre V

Aide au choix des stratégies de traitement des risques

1 Introduction

Le caractère innovant de certains projets et l'absence de maîtrise possible sur certains éléments, notamment en relation avec l'environnement, rend la réalisation du planning et du budget du projet difficile. Les nombreux aléas qui peuvent survenir tout au long du projet sont autant de facteurs qui rendent la planification compliquée et les résultats produits entachés d'un faible niveau de confiance. En d'autres termes, les valeurs prévisionnelles ont bien peu de chance de représenter la réalité que l'on rencontrera.

Afin d'obtenir des plannings fiables, il est nécessaire de prendre en compte dans la conception du projet, non plus uniquement ce que l'on veut qu'il advienne au cours du projet, mais également ce qu'il peut advenir. Dans cette vision, il est crucial de prendre en compte les phénomènes aléatoires, qui seront de nature à impacter plus ou moins fortement l'atteinte des objectifs initiaux.

Classiquement, dans le processus de management, les risques projet sont identifiés, évalués, traités et suivis séparément. Ce processus ne prend pas en compte une vue globale du projet où les risques peuvent survenir et impacter, ou non, des tâches du chemin critique de projet. Au cours d'un même projet, il est bien rare que seul l'un des risques identifiés ne survienne. Il est bien plus fréquent de devoir subir un ensemble d'événements. Dans la pire des situations, il est alors possible de devoir subir tous les risques préalablement identifiés.

De plus, les risques sont identifiés avec une hypothèse d'indépendance. Un

événement peut changer le cours du projet et ainsi certaines caractéristiques d'autres risques, voire en générer d'autres. En effet, dans la réalité, il existe bien souvent des dépendances entre les risques.

Au cours de ce chapitre, nous adresses ainsi deux problématiques bien spécifiques, qui peuvent être décrites par deux questions :

- Comment identifier l'ensemble des déroulés de projets possibles si l'on connaît les différents risques ?
- Comment sélectionner la meilleure stratégie de traitement des risques ?

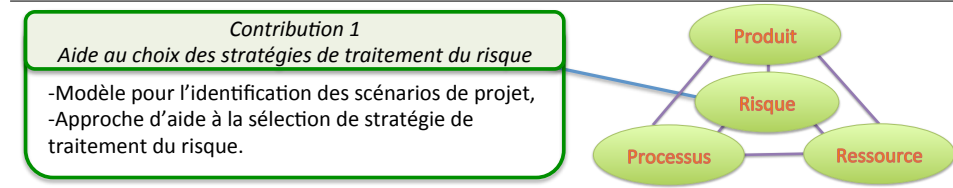


FIGURE V.1 – Positionnement des contributions du chapitre V

Pour répondre à ces problématiques, les travaux développés dans le chapitre V ont été réalisés principalement dans le cadre de la thèse de Trung Hung Nguyen (NGUYEN 2011). Les résultats obtenus ont été valorisés dans une publication ACL (NGUYEN et al. 2013). La figure V.1 positionne ces contributions par rapport au framework PPR^2 proposé. Le positionnement dans le temps de ces travaux est présenté sur la figure V.2.

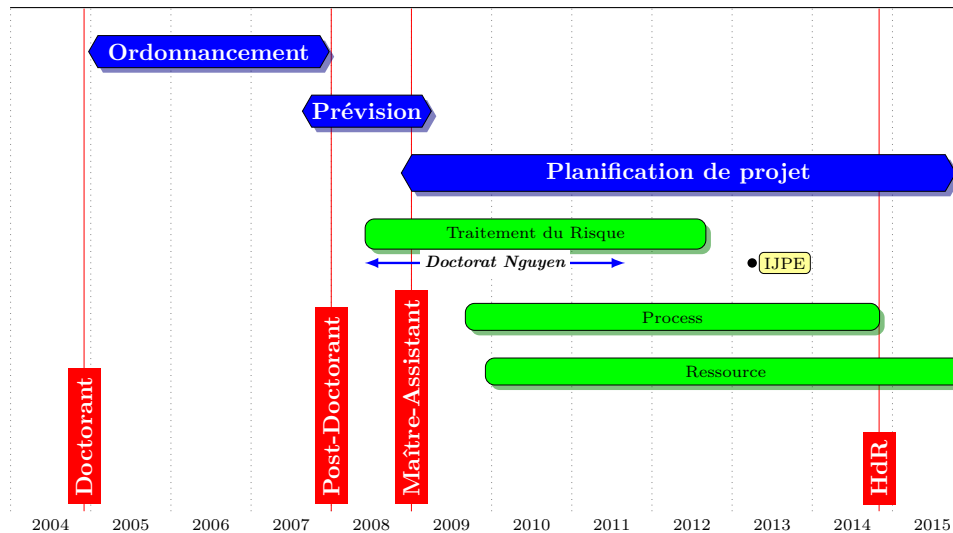


FIGURE V.2 – Activités de recherche sur l'axe de décision du risque

Deux sections composent ce chapitre :

- Dans la première, nous présentons une approche originale d'identification des projets par la modélisation de scénarios. Le concept de scénario de projet permet de tenir compte des dépendances entre les risques possibles et

de se différencier d'approches classiques de la littérature qui considèrent les risques séparément.

- La deuxième section présente une approche de sélection des stratégies de traitement du risque. La stratégie ainsi retenue doit, entre autres, permettre de dérouler l'un des scénarios les plus favorables parmi ceux identifiés précédemment.

2 Identification des scénarios de projet

Un projet est décrit par ses tâches $T_t (t = 1 \dots T)$, T étant le nombre de tâches. Le processus de planification permet d'obtenir un planning initial P_i qui n'intègre pas de risque. Un projet est aussi décrit par son ensemble E_R de risques identifiés $R_i (i = 0 \dots n)$, n étant le nombre de risques identifiés. Un risque a ainsi une probabilité $proba(R_i)$, des impacts de type délai DI_i et de type coût CI_i . Un risque R_i se caractérise aussi par une période d'occurrence, qui peut correspondre, par exemple, à une tâche au cours de laquelle le risque peut survenir.

Nous définissons un scénario comme la description (modélisation) d'une réalisation (occurrence) possible d'un ensemble d'éléments. Ces éléments peuvent être soit des événements, soit des actes, comme par exemple les tâches d'un planning, les actions de traitement des risques. Ainsi, nous spécialiserons la notion de scénario pour définir trois types de scénarios différents : de risque qui va permettre de modéliser les événements que l'on prévoit dans une réalisation possible du projet ; de traitement où l'on va s'intéresser aux actions de traitement retenues dans une réalisation possible du projet ; et de projet qui permet de décrire le scénario de traitement choisi couplé avec un scénario de risque possible.

2.1 Scénario de risque

Le processus de management des risques conduit à identifier un portefeuille de risques susceptibles de survenir au cours du projet. Certains vont survenir, les autres ne se manifesteront pas. La réalisation du projet ne voit généralement que la concrétisation ou l'occurrence d'un sous-ensemble des risques. Un projet présentant un ensemble E_R de n risques peut conduire à un Ensemble de Scénarios de Risque E_{ScR} comptant 2^n scénarios de risques. Ainsi, un Scénario de Risques $ScR_s (s = 1 \dots 2^n)$ est alors défini comme un sous-ensemble du portefeuille des risques possibles. Dans un projet avec k risques ($0 \leq k \leq n$), le nombre total de scénarios de risques, présentant k risques parmi les n risques identifiés, est égal à $\frac{n!}{k!(n-k)!}$.

2.2 Scénario de traitement

Un Scénario de Traitement $ScT_d (d = 1 \dots D)$ regroupe un ensemble de Stratégies de Traitement retenues pour réduire les risques listés dans le portefeuille des risques du projet, D étant le nombre de scénarios de traitement identifiés.

Un risque R_i peut disposer d'une ou plusieurs Stratégies de Traitement $StT_{ij} (j = 1 \dots m)$, avec m le nombre de stratégies identifiées pour traiter le risque R_i . Celles-ci pourront être soit préventives, soit correctives. Pour réduire un risque donné, plusieurs stratégies de traitement « concurrentes » ou complémentaires peuvent ainsi être identifiées. L'ensemble des stratégies de traitement identifiées sur le risque R_i sera désigné par StR_i . Une stratégie particulière consiste à ne pas mener d'action, elle est désignée par \emptyset (ensemble vide).

Une Stratégie de Traitement StT_{ij} regroupe un ensemble d'Actions de traitement $A_{ij\alpha}, (\alpha = 1 \dots a)$ destinées à réduire le risque R_i . Ces actions de traitement sont des actions unitaires, qui peuvent être matérialisés par des tâches à réaliser. Les actions peuvent être préventives ou correctives. Les actions préventives sont décidées et réalisées avant l'occurrence du risque (la période d'occurrence du risque). Elles peuvent réduire la probabilité d'occurrence et/ou les impacts. On notera $proba(R_i | StT_{ij})$ la probabilité que l'événement associé à R_i survienne sachant que StT_{ij} (stratégie préventive) a été mise en œuvre. Les actions correctives sont réalisées après l'occurrence du risque et ne peuvent que réduire les impacts.

Un impact réduit caractérise le niveau de l'impact du risque après mise en œuvre d'une stratégie de traitement. Il exprime le niveau résiduel de l'impact si le risque survient malgré la mise en place de la stratégie de traitement. A chaque stratégie de traitement peut être associé un impact réduit délai DI_i^{reduit} , un impact réduit coût CI_i^{reduit} ou une probabilité réduite de survenue du risque $proba(R_i)^{reduit}$.

La mise en œuvre d'une stratégie de traitement décidée dans un scénario de traitement du projet peut conduire à des modifications du projet de natures diverses. Les actions qui la composent peuvent correspondre à de nouvelles tâches du planning, mais aussi à des tâches hors planning (CARTER et al. 1996). L'influence sur le coût total du projet de ces dernières est alors à considérer. De nouvelles tâches planning peuvent amener à modifier l'organigramme des tâches par ajout/suppression/modification de tâches. Le réseau logique peut aussi être modifié. Il s'agit ici de modifications dans les liens de précédences, qui relient les tâches du planning du projet et de modifications de la durée totale du projet à travers la modification du chemin critique du projet. Le « recalcul du PERT » permettra de déterminer l'in-

fluence globale au niveau de la durée totale du projet. Le coût du projet sera modifié en prenant en compte les nouveaux coûts directs et indirects des actions de traitement.

2.3 Scénario de projet

Un scénario de projet ScP_p ($p = 1 \dots P$) est défini par : $ScP_p = \langle P_i, ScR_s, ScT_d \rangle$ avec P_i : le planning initial du projet, ScR_s ($s = 1 \dots 2^n$) : un scénario de risque et ScT_d ($d = 1 \dots D$) : un scénario de traitement.

Un scénario de projet indique les risques qui vont aboutir et les stratégies de traitement pour chaque risque. Cette configuration du projet, ce scénario, est caractérisée par une durée, un coût et une probabilité d'occurrence de ce scénario (NGUYEN et al. 2013).

$proba(ScP_p)$ est la probabilité d'un ScP_p . Elle prend en compte (1) la probabilité des risques qui sont survenus ($R_i \in ScR_s$), (2) la probabilité que certains risques ne surviennent pas ($R_i \notin ScR_s$), (3) la probabilité des risques qui sont survenus ($R_i \in ScR_s$) sachant qu'une stratégie de traitement a été mise en œuvre ($StT_{ij} \in ScT_d$) (4) la probabilité que R_i ne survienne pas ($R_i \notin ScR_s$) sachant qu'une stratégie de traitement préventive a été mise en œuvre et que la probabilité initiale a été modifiée ($StT_{ij} \in ScT_d$).

$$proba(ScP_p) = \prod_{i,j}^{R_i \in ScR_s, StT_{ij} \in ScT_d} \begin{cases} proba(R_i) & (1) \\ 1 - proba(R_i) & (2) \\ proba(R_i | StT_{ij}) & (3) \\ 1 - proba(R_i | StT_{ij}) & (4) \end{cases}$$

Le coût d'un scénario de projet est noté $C'(ScP_p)$. Il inclut le coût des T tâches qui constituent le planning initial et (1) le coût global des risques survenus et qui n'ont pas fait l'objet de stratégie de traitement $CG^{initial}(R_i)$. Cela inclut le coût de l'impact qui se compose d'une partie fixe (matériels, outils,...) et d'un coût indirect qui dépend de la durée de l'action et du coût des ressources sur cette durée. (2) l'impact global réduit en terme de coût des risques $GC^{reduced}(R_i)$ qui s'obtient en prenant en compte l'effet des différentes stratégies StT_{ij} appliquées pour traiter R_i et ses répercussions sur le coût et la durée du projet. (3) Le coût des stratégies de traitement StT_{ij} qui est déterminé par le coût des actions. Celui-ci se compose aussi de coûts directs et indirects tels qu'évoqués précédemment.

$$C(ScP_p) = \sum_{t=1}^T C(T_t) + \sum_{\substack{R_i \in ScR_s, \\ StT_{ij} \in ScT_d}} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{R_i \in ScR_s} CG^{\text{initial}}(R_i) \quad (1) \\ \sum_{R_i \in ScR_s} CG^{\text{reduced}}(R_i) \mid StT_{ij} \quad (2) \\ \sum_{R_i \in ScR_s} \sum_{StT_{ij} \in StR_i} C(StT_{ij}) \quad (3) \end{array} \right.$$

Pour la détermination de la durée d'un scénario de projet, nous utilisons la méthode PERT. Les impacts délais de chaque risque, les actions de traitement nécessitant la mise en œuvre d'une tâche dans le planning sont pris en compte pour effectuer le calcul de la durée du scénario de projet associé. Pour chaque scénario de projet ainsi généré, un calcul de la durée du scénario est réalisé.

Lorsqu'un événement associé à un risque survient, les tâches peuvent être modifiées. Les caractéristiques des risques qui lui sont liées peuvent en toute légitimité être modifiées. De nouveaux risques peuvent ainsi apparaître et des risques existants peuvent disparaître ou devenir plus ou moins probables. Il est alors possible de parler de dépendance d'un risque au regard d'un autre qui renforce l'intérêt de l'approche proposée.

2.4 Influence des dépendances entre risques

La relation de dépendance D de l'ensemble des risques identifiés E_R vers lui-même porte sur l'existence d'un lien entre un ensemble d'événements *RisquesSource* et un événement particulier désigné par *RisqueCible* (figure V.3). *RisquesSource* et *RisqueCible* sont des sous-ensembles particuliers de l'ensemble des événements associés aux risques identifiés E_R . $RisquesSource \subset E_R$ et $RisqueCible \subset E_R$.

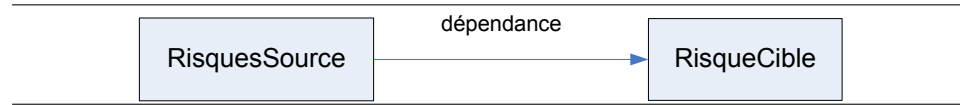


FIGURE V.3 – Une dépendance entre risques-projet

La relation de dépendance D que nous étudions est une relation de type $n : 1$.

L'activation d'une dépendance entraîne la modification de certaines caractéristiques de *RisqueCible* telles que la probabilité et les impacts. Une dépendance peut être activée par :

- l'occurrence de *RisquesSource*, cela implique que tous les événements identifiés dans *RisquesSource* surviennent au cours du scénario étudié,
- la non-occurrence de *RisquesSource*, c'est le cas où aucun des éléments

présents dans *RisquesSource* ne survient,

- la modification de la probabilité de *RisquesSource*. Il suffit pour cela qu'au moins un des éléments composant *RisquesSource* voit sa probabilité évoluer.

Outre les conditions d'activation à respecter, décrites précédemment, la prise en compte de l'effet d'une dépendance dans un scénario de projet doit vérifier et respecter quelques conditions. Notamment, les périodes d'occurrence des éléments *RisquesSource* doivent présenter une antériorité temporelle par rapport à la période d'occurrence de *RisqueCible*.

3 Sélection de la stratégie de traitement des risques

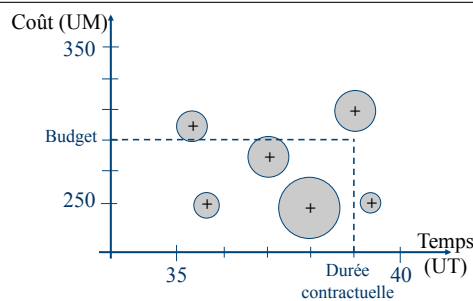


FIGURE V.4 – Représentation de scénarios de projet

Dès lors que les scénarios de projet sont identifiés, il devient possible de sélectionner les stratégies de traitement du risque à mettre en oeuvre. Pour cela, nous proposons d'analyser conjointement les trois dimensions caractéristiques de chaque scénario, à savoir : la probabilité d'occurrence d'un scénario, la durée du scénario, ou d'une autre manière l'augmentation du délai par rapport au scénario initial, le coût du scénario, ou d'une autre manière l'augmentation de coût par rapport au scénario initial. Parmi l'ensemble des scénarios de risques générés, l'identification des scénarios inacceptables peut être effectuée selon différents critères. Citons par exemple les scénarios qui dépasseraient un objectif de délai et/ou un objectif de coût. Cela peut être utilisé lors de la négociation contractuelle avec un client afin d'estimer la marge de sécurité disponible au moment de la négociation en fonction du niveau de risque que l'on accepte de prendre. Le critère le plus habituellement utilisé dans le cas de la hiérarchisation des risques dans les méthodes classiques est celui de la criticité. Pour illustrer ces propos, la figure V.4 présente un ensemble de scénarios, d'un même projet représenté par des bulles. Pour chaque scénario de projet, la durée est représentée sur l'axe des abscisses et son coût en ordonnée. Sa probabilité est représentée par le diamètre de sa bulle. La zone délimitée par les pointillés représente la zone contractuelle (budget/durée). Les bulles situées au delà représentent des scénarios inac-

ceptables. Le niveau de criticité de chaque scénario peut être calculé selon la formule ci-dessous. Afin de rendre comparable les critères, pour chaque scénario de projet, nous introduisons α_p et β_p qui représentent respectivement les métriques des impacts durée et coût d'un scénario de projet ScP_p :

$$\alpha_p = \frac{ID(ScP_p)}{\max(ID(ScP_p))} \text{ et } \beta_p = \frac{IC(ScP_p)}{\max(IC(ScP_p))}, (p = 1 \dots P) \quad (V.1)$$

ainsi $\alpha_p, \beta_p \in [0, 1]$

dans lesquelles les fonctions $ID(ScP_p)$ et $IC(ScP_p)$ renvoient respectivement aux impacts durées et coûts d'un ScP_p et $\max(ID(ScP_p))$ et $\max(IC(ScP_p))$ les impacts durées et coûts les plus longs ou coûteux des scénarios de projet. L'impact global normé et pondéré $impact(ScP_p)$ peut alors s'obtenir suivant la formule suivante :

$$impact(ScP_p) = q * \alpha_p + q' * \beta_p \quad (V.2)$$

Dans laquelle q et q' sont 2 coefficients qui sont choisis par le responsable de projet suivant l'importance donnée à chaque critère : q correspondra au poids donné au délai et q' au coût.

La criticité $Cr(ScP_p)$ est alors obtenue par la formule suivante, en se basant sur l'impact global normé et pondéré, ainsi que sur la probabilité d'occurrence du scénario $Proba(ScP_p)$.

$$Cr(ScP_p) = Proba(ScP_p) \times impact(ScP_p) \quad (V.3)$$

Sur la base de ce critère de criticité, les scénarios de risques sont ordonnés afin d'en déterminer les plus critiques. Pour chaque scénario de risques ainsi identifié, les stratégies de traitement (StT) proposées sont évaluées afin de retenir la stratégie la plus pertinente. Une analyse complémentaire peut conduire à privilégier les stratégies de traitement qui permettraient de traiter simultanément les risques appartenant à différents scénarios de risques. La figure V.5 représente un processus d'analyse des scénarios destinés à sélectionner un Scénario de Traitement à mettre en œuvre.

4 Application concrète

En collaboration avec le cabinet conseil Manageos, spécialisé dans la gestion de projet dans le secteur pharmaceutique, nous avons proposé pour cas

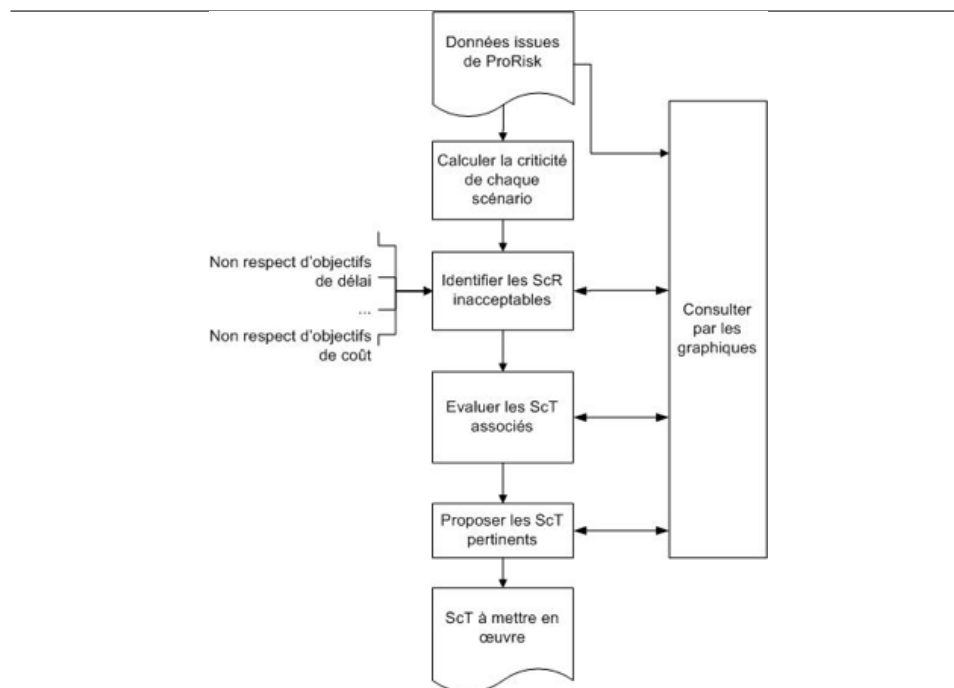


FIGURE V.5 – Processus d’analyse des ScP

applicatif, un projet de développement d’un nouveau médicament. Nous nous sommes ainsi intéressés à la réalisation de la phase d’essai clinique du développement d’un médicament visant à traiter l’angor. Pour mener à bien une telle étude, quatre cents patients doivent être recrutés par l’intermédiaire de quarante centres de recrutement répartis sur deux pays. La durée de traitement d’un patient est de six mois. Sept risques ont été identifiés concernant ce projet ainsi que quatre dépendances entre risques. Pour traiter ces risques et en réduire les impacts, douze stratégies de traitement des risques basées sur seize actions de traitement ont été répertoriées.

Ainsi, alors qu’une approche considérant séparément les risques aurait consisté à ne s’intéresser qu’à huit scénarios différents (un scénario sans risque et un scénario différent avec chacun des sept risques), une approche tenant compte du fait que plusieurs risques peuvent survenir au cours d’un projet permet de s’intéresser à cent vingt-huit scénarios différents (incluant les huit scénarios précédemment mentionnés). Cependant, afin de permettre le choix des stratégies pertinentes de traitement des risques, celles-ci doivent être prises en compte. ProRisk a ainsi permis d’identifier les 19 200 scénarios de projet qu’il s’agira alors d’étudier avec le processus d’analyse des résultats proposés.

En déroulant le processus d’analyse présenté sur la figure V.5, il a été mis en évidence qu’une stratégie de traitement préventive devait être mise

en œuvre pour limiter la probabilité de survenue de certains événements. En cas de survenue de risque, malgré la stratégie préventive, il a été déterminé, qu'aucune stratégie de traitement corrective ne devrait être développée pour des raisons de coût des stratégies possibles.

5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté des contributions pour l'aide à la gestion des risques projet. Ces travaux ont conduit à la réalisation d'un modèle permettant d'identifier les scénarios de projet ainsi qu'une approche permettant de mettre en évidence la/les stratégies de traitement du risque les plus pertinentes. Il est ainsi possible de déterminer les stratégies préventives les plus efficaces à intégrer dans le planning du projet. Si les risques surviennent, il est possible de déterminer les stratégies correctives à privilégier. Celles-ci peuvent être mise en œuvre en complément de stratégies préventives qui n'auraient pas été suffisantes.

Ces contributions ont été développées dans le cadre de la thèse de Trong Hung Nguyen (NGUYEN 2011). Pour valider ces contributions, un démonstrateur logiciel désigné sous le nom ProRisk a été développé. Cet outil permet de décrire un projet, ses tâches avec leurs caractéristiques (durée, coût, liens de précedence) et les risques possibles avec leurs caractéristiques (probabilité d'occurrence, impacts initiaux et dépendances). A partir de ces données, ProRisk identifie l'ensemble des scénarios de projets possibles et calcule les caractéristiques principales afin d'en permettre leur comparaison.

Le fait de s'intéresser à des scénarios de risques et de prendre en compte les dépendances entre risques plutôt que les risques pris séparément peut changer les priorités dans le choix des stratégies de traitement. Différentes analyses sont possibles à partir des résultats. Il est possible de privilégier des stratégies de traitement des risques qui permettent le respect d'un cadre contractuel et l'atteinte d'objectifs, mais aussi de stratégies privilégiant de bons résultats au regard d'un critère plutôt qu'un autre (achever un projet plus rapidement avec un budget plus conséquent par exemple). Si le choix des stratégies de traitement est mal adapté, le projet peut être orienté vers des scénarios qui n'atteignent pas les objectifs fixés. Par conséquent, il peut alors être plus intéressant de laisser certains risques aboutir plutôt que de chercher à les traiter à tout prix.

L'une des limites de ce modèle d'évaluation des risques pourrait tout à fait se retrouver dans le cadre de ce cas d'étude. En effet, certains des risques évoqués devraient être considérés comme pouvant arrêter ou remettre en cause la pertinence de la réalisation du projet. Aujourd'hui, ce type d'impact n'est pas formalisé dans notre modèle, puisque nous avons retenu uniquement des

risques dont les conséquences ne sont pas obligatoirement l'arrêt du projet. Cette évolution pourrait ainsi faire l'objet de développements et travaux ultérieurs.

Chapitre VI

Aide au choix des processus en contexte risqué

1 Introduction

Nous avons montré au cours du chapitre précédent, qu'un processus pouvant sembler optimal pour l'atteinte d'objectifs peut en réalité s'avérer loin de l'être au regard des risques.

Les organisations qui gèrent des projets doivent régulièrement réaliser des tâches nouvelles, souvent porteuses de risques, dans les projets. Le mauvais déroulement de celle-ci et la non atteinte des objectifs peut avoir des conséquences sur l'organisation. Les activités planifiées doivent ainsi être réalisables avec succès sans que l'organisation ne prenne trop de risque. Une réflexion doit ainsi être menée afin de concevoir le projet en terme de choix d'activités et de processus pour être certain d'atteindre les objectifs.

Au cours de ce chapitre trois contributions seront détaillées :

Sélection d'une variante projet et de la stratégie de traitement du risque associée

Pour réaliser un même livrable, plusieurs processus différents sont souvent possibles dans un projet comme par exemple : réaliser intégralement les développements en interne, sous-traiter une partie des développements, ou encore faire de la co-ingénierie. Ainsi plusieurs variantes peuvent être envisageables pour un même projet. Le choix de l'une de ces variantes influence les chances d'atteindre les objectifs. Chacune de ces variantes possibles est un contexte de risque plus ou moins différent. Quelque soit la variante retenue, il s'agira de sélectionner les stratégies de traitement des risques associées.

Décision d'arrêt ou de poursuite d'un projet

Dès lors que le projet est validé et lancé, des dépenses sont engagées et des résultats sont progressivement attendus. Si les résultats sont inférieurs aux attentes, la question de poursuivre ou d'arrêter le projet se pose. Ces décisions font généralement l'objet de discussions controversées au sein de collectifs de décideurs. Dans de grands projets, les informations à prendre compte lors de la prise de décision sont nombreuses et souvent incomplètes car le projet n'est pas fini. C'est un pari sur l'avenir. La décision peut être difficile à prendre car les intérêts des protagonistes sont souvent différents et les risques peuvent être nombreux. Elle n'est pas nécessairement urgente mais cette impression d'avoir du temps pour décider peut avoir pour conséquence une prise de retard.

Assurer la continuité des activités

Certains risques ou cumuls de risques peuvent avoir de telles conséquences pour l'organisation qu'ils remettraient en cause son fonctionnement. Des mesures sont mises en œuvre pour organiser de manière préventive la vie de l'entreprise et le déroulement des activités en cas de survenue de risques. Le management de la continuité d'activité vise à désigner ces mesures et les conditions de leur mise en œuvre (BOTHIA et al. 2004). Ceci passe par la création d'un processus de pilotage continu, dynamique et interactif assurant la vivacité et la durabilité des activités critiques de l'organisation, avant, pendant, et après la situation perturbatrice (ST-GERMAIN et al. 2012). Il s'agit alors d'être en mesure de proposer des plans de continuité d'activité pour les différents processus critiques pour la tenue des objectifs.

Ce chapitre sera ainsi structuré autour de trois problématiques originales, qui peuvent être résumées par les trois questions suivantes :

- Comment évaluer conjointement, pour un projet, les variantes possibles et les stratégies de traitement du risque possibles, afin de trouver le meilleur couple ?
- Comment fiabiliser le processus décisionnel portant sur la poursuite ou l'arrêt du projet afin d'éviter la prise de retard ?
- Comment décider de la mise en œuvre d'un plan de continuité d'activité afin de permettre la tenue des objectifs ?

Nos différents travaux, dont le positionnement dans le temps est présenté figure VI.1, ont été réalisés principalement dans le cadre des thèses de Saïna Hassanzadeh (HASSANZADEH 2012) et Olfa Rejeb (REJEB 2013). Les projets FonCSI, Plas'OSoins, SySO, le cabinet de conseil Manageos, ainsi que la collaboration industrielle avec Astrium ont permis de fournir différents terrains d'application (industrie pharmaceutique, hospitalisation à domicile, aéronautique et spatial). Une collaboration avec le laboratoire BETA a quant à elle permis d'apporter un complément de compétence sur le thème de l'innovation et des projets de conception. Les résultats ont conduit à la publication de deux ACL (MARMIER, GOURC et LAARZ 2013, MARMIER, FILIPAS DE-

NIAUD et al. 2014), d'un chapitre d'ouvrage OS (HASSANZADEH et al. 2012b) et de plusieurs conférences ACTI.

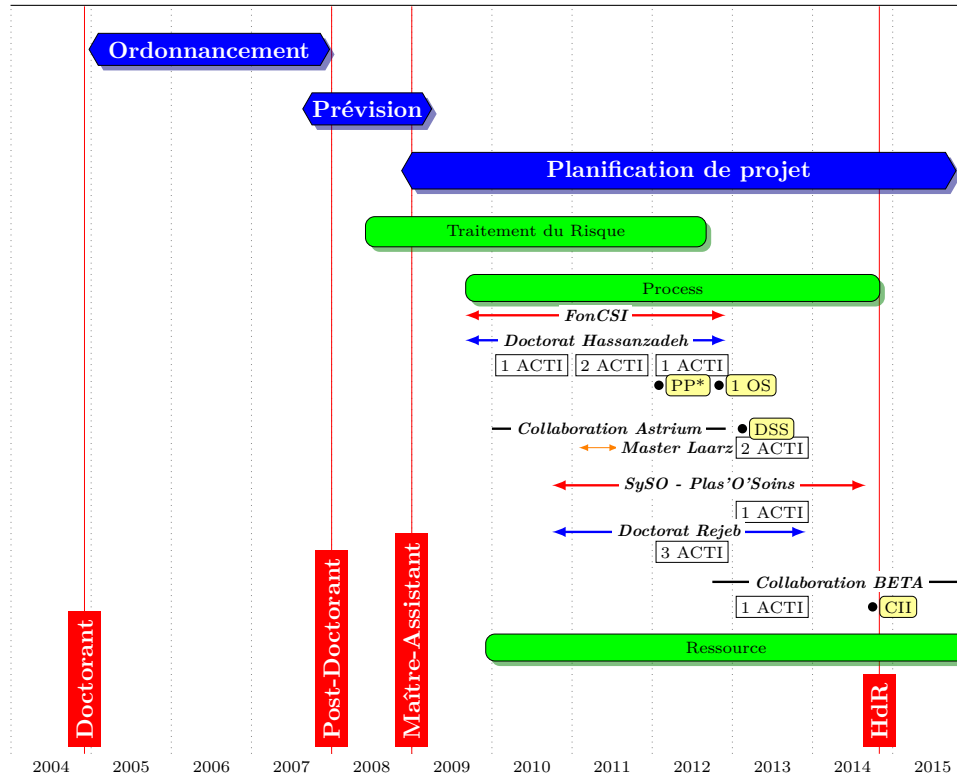


FIGURE VI.1 – Activités de recherche sur l'axe de décision des Processus

Les contributions ainsi présentées dans ce chapitre s'intéressent aux décisions portant sur les activités et à leurs interdépendances avec celles portant sur la prise en compte des risques (incertitude ou événement) afin de rendre plus robustes les projets. La figure VI.2 positionne ces contributions, par rapport au framework PPR^2 proposé, principalement sur l'axe Processus. Les contextes d'études de ces contributions diffèrent et se complètent selon différents aspects : la volumétrie, la complétude et l'incertitude des informations disponibles et à prendre en compte, la prise de décision individuelle ou en collectif, le degré d'urgence, les critères pris en compte. Elles sont présentées dans les trois sections suivantes et répondent respectivement aux trois problématiques énoncées précédemment :

- La première section présente une approche d'aide à la sélection des variantes d'un projet ainsi que des stratégies de traitement du risque associées.
- La deuxième présente un modèle permettant de mesurer le risque d'invalidation des décisions de poursuite ou d'arrêt des processus/projets.
- La troisième section présente un cadre méthodologique permettant de sélectionner les processus à mettre en œuvre pour assurer la continuité des

activités.

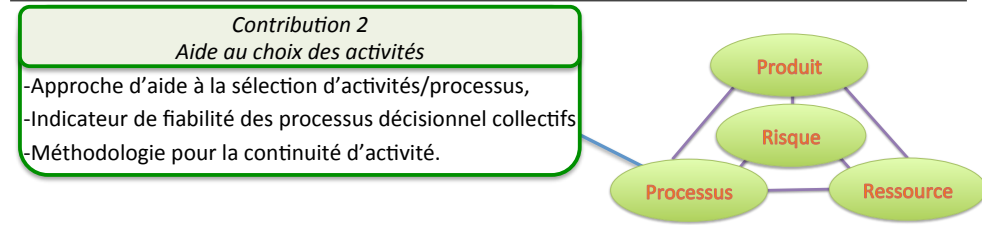


FIGURE VI.2 – Positionnement des contributions du chapitre VI

2 Sélection du couple variante/traitement du risque

2.1 Des décisions structurantes pour le projet

Certaines décisions dans le cadre de projets de développement de nouveaux produits (NPD) ont des répercussions sur le planning. C'est notamment le cas lorsque l'on choisit la solution technologique à développer (plateforme de satellite électrique ou à combustion) ou le processus de réalisation (internalisation ou sous traitance par exemple). Ces décisions ont un effet structurant sur le planning du projet. On parle alors de Décision Structurante *DS*. Chaque *DS* conduit à de nombreux scénarios différents présentant des risques similaires et d'autres spécifiques.

Une illustration de Décision Structurante *DS* pour laquelle 2 choix sont possibles est proposée sur la figures VI.3 : (a) réalisation d'un avion avec une propulsion à hélices sur le schéma ou (b) avec une propulsion par réacteurs sur le schéma. Le processus ainsi que le planning initial de réalisation sera différent entre les cas a et b. Chacun de ces processus est sujet à des risques pouvant conduire à deux ensembles E_{ScPv} de scénarios de projet représentés sous forme de bulles. Pour chaque scénario de projet, sa durée est représentée

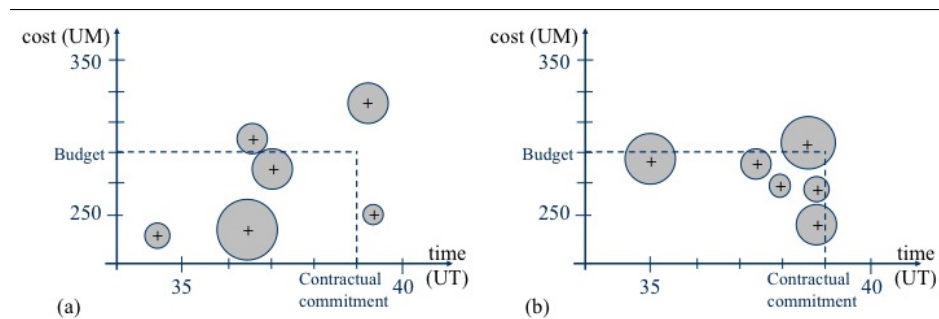


FIGURE VI.3 – Exemple de deux E_{ScP}

sur l'axe des abscisses et son coût en ordonnée. Sa probabilité est représentée par le diamètre des bulles. Par conséquent, une zone d'acceptabilité caractérisant le potentiel du *ScP* et donc des *DS* à tenir les objectifs peut être définie, en utilisant les informations relatives au budget et aux délais similairement à la section 3. Chaque *DS* influence le positionnement des scénarios. La ou les *DS* qui doivent être prises lors la conception du projet ainsi que les décisions concernant le choix des stratégies de traitement du risque doivent permettre de définir un planning prévisionnel qui tienne les objectifs.

2.2 Approche de résolution

Un arbre de décision (Decision Tree ou DT) permet de représenter les successions de décisions possibles. Dans notre cas les feuilles de l'arbre représenteraient des scénarios de projet. Les décisions successives peuvent être prises lors de la conception du projet ainsi que pour son pilotage. Parmi les décisions qui peuvent y figurer il est possible d'y observer des *DS* mais aussi des décisions de choix de stratégies de traitement du risque. La figure VI.4 montre une succession de décisions représentées par les nœuds de décision *D1* à *D3* (MARMIER, GOURC et LAARZ 2013). Dans cette illustration la première décision (*D1*, une *DS* en l'occurrence) a pour finalité la sélection d'un processus. Celle de la seconde (*D2*) est de sélectionner la stratégie de traitement préventive des risques. *D1* et *D2* sont effectuées au cours de la phase de préparation du projet. *D3* caractérise les réactions possibles lorsque des événements se produisent. La décision *D3* consiste ainsi à décider quelles actions correctives doivent être effectuées face à un *ScR*. Les *ScR* sont représentés par les nœuds de chance *E* sur l'arbre de décision.

L'approche que nous proposons (figure VI.5) utilise les données classiques relatives au projet : les tâches, les risques identifiés, et leurs traitements associés (FILIPAS DENIAUD et al. 2013). Cette approche utilise également les données relatives aux *DS* et à leurs répercussions sur les tâches, les risques et les stratégies de traitement. Elle comporte deux phases : (1) la formalisation de l'ensemble des *ScP* par la construction d'un arbre de décision du premier nœud de décision jusqu'à ses "feuilles", (2) la sélection des meilleures *DS* et *StT* par la résolution du DT dans l'autre sens.

(1) la construction de l'arbre de décision consiste à construire l'ensemble des scénarios possibles du projet, à la lumière des risques identifiés et des mesures de traitement du risque et de leurs évaluations, pour chaque variante de projet étudiée. Un planning initial est établi pour chaque possibilité de *DS*, sans intégrer les notions de risque et de traitement des risques. Ces plannings peuvent, dans certains cas, être assez semblables ou alors, dans d'autres, très différents. Il est ensuite nécessaire de construire les *ScP^v* intégrant E_{ScR}^v et E_{StT}^v . Pour chacun d'entre eux les temps, les coûts et probabilités sont dé-

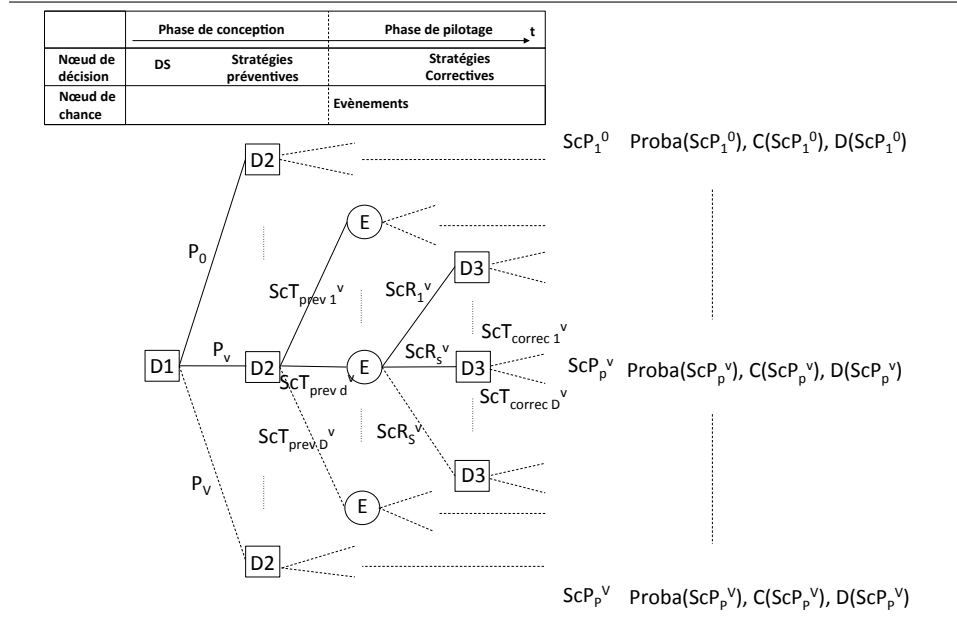


FIGURE VI.4 – Exemple d'arbre présentant les décisions (MARMIER, GOURC et LAARZ 2013)

terminés de la même manière que dans le chapitre précédent.

(2) la résolution du problème décisionnel consiste à étudier les effets des différentes décisions dans le sens inverse de sa construction : des feuilles à la racine de l'arbre (c'est à dire de $D3$ à $D1$ sur la figure VI.4). L'étape (a) consiste à trouver pour chaque branche du DT, la meilleure $D3$. $D3$ consiste à sélectionner les stratégies correctives associées à chaque ScR . Afin de prendre en compte l'ensemble des critères, $D3$ minimisant $Cr(ScP_p)$, est retenue pour chaque feuille de l'arbre. L'étape (b) est la sélection de $D2$ qui détermine la stratégie de traitement préventive qui est la plus adéquate pour chacune des DS . Elle est prise en connaissant les meilleures $D3$ dans chacune des branches. $D2$ permet d'éviter les pires cas possibles (scénarios de projet) tel que définis par le critère de Savage souvent utilisé en théorie la prise de décision (PETAR 1999). Celui-ci consiste alors à minimiser la criticité maximale (également appelée regret maximal). Ainsi, $D2$ consiste à minimiser $CR_{max}(ScP_p|ScT_{prev})$, $\forall DS$ en connaissant les $D3$ retenues dans chaque branche. L'étape (c) consiste à choisir $D1$ la meilleure DS pour le projet. Il s'agit alors de maximiser les chances de respecter les engagements. $D1$ consiste alors à sélectionner la DS qui maximise le nombre de ScP_p qui respectent la durée et le coût contracté.

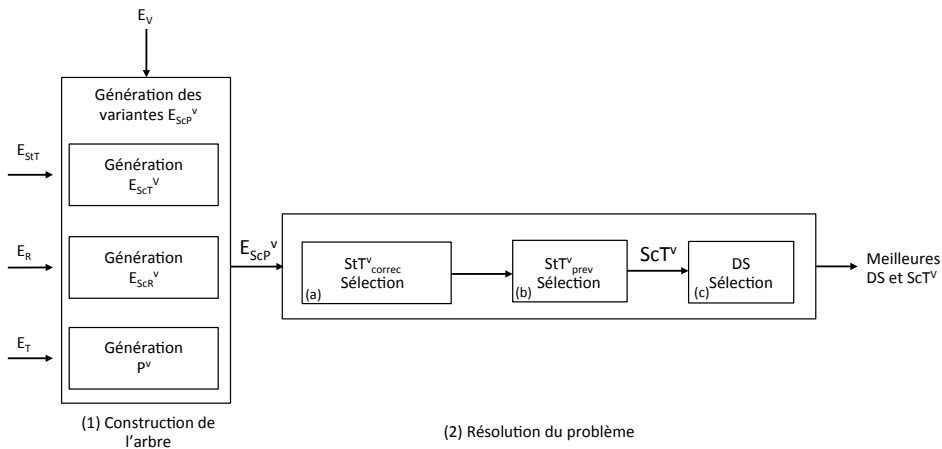


FIGURE VI.5 – Approche proposée (MARMIER, FILIPAS DENIAUD et al. 2014)

3 Arrêt ou poursuite d'un projet

Un médicament, avant d'arriver sur le marché, passe par plusieurs phases de tests et d'études qui visent à démontrer sa sécurité, son efficacité et sa qualité. Les projets de R&D pharmaceutiques sont de longue durée (plus de 13 ans), très coûteux (près de 900 M\$) et très risqués (un taux de succès de seulement 4 %) (PAUL et al. 2010). A la fin de chaque phase, un comité d'experts de différents domaines se réunit pour statuer sur la poursuite ou l'arrêt du développement de la nouvelle molécule. Une décision Go/No Go doit donc être prise sur la base des résultats des tests qui deviennent progressivement plus complets et exacts lorsque les projets avancent. Cependant, pour faire avancer les projets, les décisions Go / No Go doivent parfois être prises sur la base de résultats incomplets et d'informations incertaines. Dans ces situations, l'information incertaine est souvent perçue différemment par les experts des différents domaines impliqués dans le processus de prise de décision. En conséquence, les décisions peuvent être soit ajournées jusqu'à ce que les décideurs atteignent un compromis, soit invalidées a posteriori et le projet prend ainsi du retard. Ces travaux sont ainsi caractérisés par l'incertitude, la non urgence et la nature collaborative des décisions.

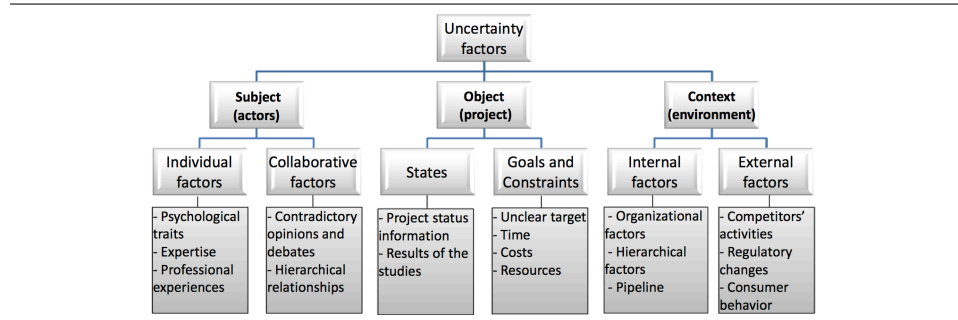


FIGURE VI.6 – Typologie des facteurs d’incertitude (HASSANZADEH et al. 2011d)

3.1 Caractérisation de l’incertitude dans les décisions projet

Afin de prendre en compte les différents facteurs qui caractérisent de tels projets, nous proposons une définition élargie de l’incertitude : L’incertitude est un manque conscient de connaissance d’un sujet (le ou les acteurs qui perçoivent la situation et envisagent d’agir), relative à un objet (le projet qui présente un état d’évolution), non encore parfaitement défini, dans un contexte (l’environnement comprenant l’entreprise, le marché et la société) nécessitant une décision / action dans un certain laps de temps.

Sur la base de cette définition, nous proposons une typologie des facteurs qui influent sur la production, la perception et le traitement de l’incertitude (figure VI.6). La typologie contient trois classes principales que nous venons de définir. Elle structure les facteurs qui génèrent ou affectent l’incertitude, et donc la prise de décision, dans une organisation.

3.2 Modélisation du processus de décisions Go / No Go

Le processus de prise de décision dans les projets de R&D pharmaceutiques est illustré par la figure VI.7 (HASSANZADEH et al. 2011b). Dans ce schéma, nous distinguons trois dimensions qu’il convient d’étudier pour modéliser ce processus de décision : – les quatre macro-étapes du processus de décision sont représentées par des grandes flèches qui entourent la pyramide : (1) collecte de l’information et conception, (2) réalisation de tests, (3) analyse de nouvelles informations et (4) choix, – les acteurs qui participent au projet, comme les techniciens, les chefs de métier, les experts internes ou externes, le chef du projet et le comité de pilotage, – le flux d’information entre les acteurs, illustré par de petites flèches.

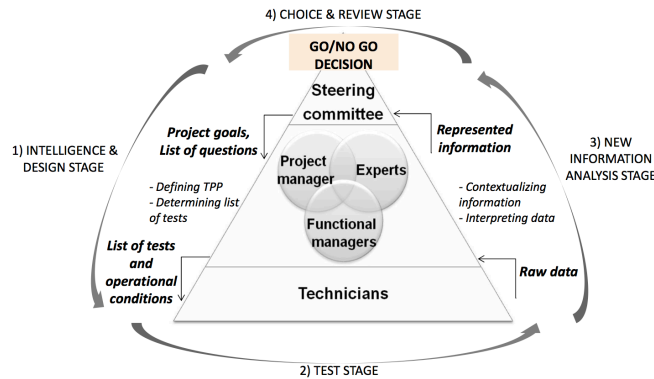


FIGURE VI.7 – Les 4 étapes du processus décisionnel Go/No Go (HASSANZADEH et al. 2010)

Le schéma permet de visualiser le rôle de chaque acteur dans la création, la circulation et l'évolution de l'information qui :

- descend du comité de pilotage vers l'opérationnel sur le côté gauche de la pyramide : l'information devient de plus en plus précise en descendant,
- remonte dans le sens inverse sur le côté droit : l'information perd sa précision en remontant.

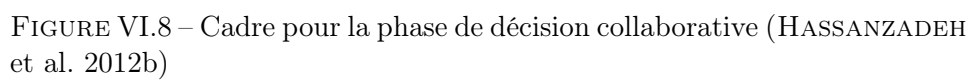
Nous proposons par la suite un cadre pour l'étape du choix qui intègre ces différences et ces interactions.

3.3 Phase de décision collaborative

Des aspects individuels et collectifs doivent être pris en compte dans le cadre de décisions collaboratives. Nous les prenons en considération sous la forme de processus (figure VI.8). Le premier correspond à la Conscience Individuelle de la Situation (CIS ou ISA sur la figure) "la réflexion individuelle". Il illustre la façon dont un individu traite l'information. Le second correspond à "l'interaction de groupe" et à sa Connaissance de la Situation de Collaboration (CSC ou CSA sur la figure). Il illustre les interactions entre les décideurs pouvant les motiver à revoir et modifier leurs positions individuelles (ROY 1996).

Partie individuelle du processus cognitif

La prise de décision collaborative d d'un groupe de m décideurs se base sur les décisions individuelles de chacun DM_i où $1 \leq i \leq m$. Chaque décideur reçoit un ensemble d'informations (les mêmes) représentées par un vecteur $[v_j]$ de variables, où $1 \leq j \leq n$. Il les traite par quatre processus cognitifs



personnels : perception, évaluation, raisonnement et projection dans l'avenir afin d'établir sa position individuelle d_i qui contribuera à d . Nous supposons que les facteurs influents individuels et collectifs sont les mêmes pour tous les décideurs. Les facteurs d'influence individuels sont définis comme suit. M_i : la mémoire du décideur i , K_i : ses connaissances, Exp_i : son expérience, ψ_i : son attitude face aux risques, Res_i : sa responsabilité concernant les conséquences d'une décision (HASSANZADEH et al. 2011a).

La perception consiste à donner un sens aux données détectées $[v_j]$ qui caractérisent une "situation" et à les transformer en informations selon qu'elles sont significatives pour le décideur ou parce qu'elles ne concernent pas ses objectifs. $[p_{ij}]$ représente la perception des variables sélectionnées pour chaque i . Ainsi, pour certaines variables j , p_j peut être vide. p_j est qualifiée par le décideur i par un ensemble de termes linguistiques E_{ij} tels que par exemple $E_{ij} = \text{mauvais}, \text{moyen}, \text{bon}$. L'évaluation est ensuite un pourcentage de sa qualification (par exemple : 100% mauvais) pour chaque variable pour obtenir $[e_{ij}]$. Dans l'étape du raisonnement, les $[e_{ij}]$ sont transformés en connaissances pour la situation donnée. Formaliser le processus de raisonnement contribue à rendre ce mécanisme "humain" explicite. Un système d'inférence floue (Fuzzy Inference System ou FIS) permet de créer des règles non - binaires, sur la base des ensembles flous qui représentent les termes linguistiques. Par conséquent, un FIS peut être appliqué pour modéliser la création et l'agrégation des règles caractérisant chaque décideur. Ainsi le décideur i utilise un ensemble de termes linguistiques noté D_i , et un ensemble de règles d'inférence noté R_i , pour qualifier une situation perçue et évaluée $[e_{ij}]$. La règle d'inférence $rule_{ik}$, du décideur i avec $1 \leq k \leq |R_i|$ est définie comme suit :

$$R_i : \prod_{j=1}^n E_{ij} \rightarrow D_i, \forall i \text{ and } \forall k, \quad (\text{VI.1})$$

$$rule_{ik} : (e_{i1}, \dots, e_{ij}, \dots, e_{in}) \rightarrow r_i,$$

où r_i est un terme linguistique qui exprime l'appréciation de la situation par le décideur i . Pour chaque $[e_{ij}]$, plusieurs règles peuvent être activées avec des degrés différents. L'agrégation de ces règles donne le résultat (r_i) du processus de raisonnement du décideur i sur une situation décisionnelle. r_i est un qualificatif linguistique qui exprime l'appréciation de la situation par le décideur i et ses nouvelles connaissances.

Chaque décideur imagine les conséquence (bonnes et mauvaises) des décisions sur lui-même. Le décideur se forge une opinion o_i ou repart dans un cycle de raisonnement. Sur la base de o_i il prend ce que l'on appellera une

position qui marquera la fin de ce processus cognitif individuel.

Positionnement collectif

Le rectangle pointillé de droite sur le schéma VI.8 représente la partie collective de ce processus décisionnel.

Avant la discussion officielle en réunion, les différents décideurs échangent de façon non officielle lors de discussion dite de "couloir". Ils échangent sur leurs points de vue à partir de leurs perceptions et opinions. Il est alors possible qu'un décideur réitère son processus de Connaissance de la Situation de Collaboration (CIS) et potentiellement modifie son d_i , ou encore que cela renforce sa position. Durant la réunion, ils échangent, partagent et expliquent leur positionnement, tentent de convaincre. Un compromis doit alors être trouvé pour avancer dans le processus. Le rôle et l'influence des protagonistes ne sont pas identiques. Ils dépendent des positions hiérarchiques de chacun, de leur expertise, de leur expérience, de la phase du projet...

Un système d'inférence floue (Fuzzy Inference System ou FIS) permet de modéliser cette étape de raisonnement et d'exprimer ces inégalités sous forme de règles d'inférences R non binaires sur la base d'ensembles flous représentant des variables linguistiques D . La règle d'inférence $rule_l$ avec $1 \leq l \leq |R|$, est définie comme suit :

$$R : \prod_{i=1}^m D_i \rightarrow D, \quad (VI.2)$$

$$rule_l : (d_1, \dots, d_i, \dots, d_m) \rightarrow d,$$

Dans laquelle d est un ensemble flou représentant un qualificatif linguistique dans D .

Pour chaque $[d_i]$ différentes règles peuvent être activées avec différents degrés. L'agrégation de ces règles donne un résultat dont la valeur, pour une situation donnée, est un degré d'appartenance du terme linguistique représentée par d (90% bon par exemple).

Après la réunion, les décideurs continuent de parler de la décision dans une nouvelle phase "couloir". La différence entre la décision d , et une position individuelle (d_i), exprime le degré d'insatisfaction de ce décideur : $\delta_i = |d - d_i|$, où δ_i est un ensemble flou. L'ensemble des δ_i est appelé Δ_i . Durant ces discussions la conviction individuelle peut être renforcée ou au contraire atténuée. Les processus CIS et CSC peuvent devoir être relancés.

3.4 Analyse de l'insatisfaction d'une décision

Afin d'analyser des conflits relatifs à des décisions passées et anticiper des conflits futurs, nous proposons un indice qui mesure l'insatisfaction individuelle de chaque décideur à propos de la décision collaborative. L'agrégation de ces indices individuels donne un indice global pour mesurer le risque d'invalidation d'une décision a posteriori.

Un indice d'insatisfaction élevé pour plusieurs décideurs, signifie que la décision risque d'être invalidée et donc entrainer des retards. Cela ne signifie pas que la décision soit bonne ou mauvaise. L'indice de la décision d'invalidation de la décision d , noté δ , peut être qualifié par un ensemble de termes linguistiques Δ . Il peut être obtenu en utilisant un FIS noté L , basé sur un ensemble de règles d'inférence. La règle d'inférence $rule_p$, avec $1 \leq p \leq |L|$, est définie comme suit :

$$L : \prod_{i=1}^m \Delta_i \rightarrow \Delta \quad (\text{VI.3})$$

$$rule_p : (\delta_1, \dots, \delta_m) \rightarrow \delta$$

où δ est un ensemble flou, représentant un terme linguistique qualificatif dans Δ .

4 Proposition d'un cadre de management de la continuité d'activité

La continuité d'activité permet de gérer les situations dans lesquelles le cumul d'événements est trop important ce qui remet en question la tenue des objectifs des organisations. L'intérêt d'une telle démarche est grand surtout lorsque la santé de patients est en jeu comme dans le secteur de la santé.

Le Management de la Continuité d'Activité (MCA) se positionne comme une réponse à cet enjeu (BCI 2007). Il a pour objectif de fournir un plan de continuité d'activité pour affronter diverses perturbations et interruptions et donc d'accroître la résilience des systèmes concernés, de maintenir la continuité des activités critiques pour l'organisation et de rétablir le fonctionnement des systèmes à un niveau de fonctionnement acceptable, tout en minimisant les impacts des défaillances qui pourraient survenir.

Les PCA présents dans la littérature sont des ensembles de procédures décrivant les actions à mener pendant et après les interruptions. Ils sont spécifiques aux organisations référencées. La littérature ne présente pas de

format standard de PCA ni d'outils pour la mise en œuvre du MCA (ZAMBON et al. 2007, CERULLO et al. 2004 et BCI 2007).

4.1 Particularité du MCA

Plusieurs concepts jouent un rôle important dans le MCA. Au cours de ces travaux, nous avons proposé les quatre concepts suivants :

Un *processus critique* est un processus qui, en cas d'interruption, doit être rétabli pour éviter à l'entreprise des pertes trop importantes ou d'autres impacts préjudiciables à la survie de l'entreprise. Son identité critique se qualifie par une analyse menée selon des caractéristiques fonctionnelles ou non.

Une *ressource critique* est une ressource dont tout manquement de disponibilité prévue ou tout manquement en matière de qualification prévue, entraîne une dérive dans l'exécution des processus critiques.

La *défaillance* est l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un système à accomplir sa ou ses fonctions requises avec les performances définies dans les spécifications techniques. Elle est caractérisée par son origine (la conjonction des événements perturbateurs) et par son poids (l'impact).

L'*aptitude* décrit simultanément la caractérisation de la compétence et la disponibilité d'une ressource en rapport avec une activité.

L'objectif premier de l'ingénierie d'entreprise, et plus précisément l'ingénierie des processus métier, est de favoriser la réactivité et la flexibilité opérationnelle de l'organisation (SIENOU 2009). Les vues du Méta-Modèle (MM) ISO19440 n'intègrent pas les concepts que nous venons dénoncer (ISO 19440 2007). Ainsi, cette étude sur la continuité d'activité nous a conduit à réadapter certains points de vue de ce méta-modèle. Afin de prendre en compte les besoins du MCA, un MM "to-be" proposé est découpé en quatre parties : deux vues "processus" et "ressources" relatives au système à l'étude sont réadaptées du MM ISO19440 pour intégrer notamment les concepts de criticité et de sensibilité au temps en cas d'évènement ; deux nouvelles vues "défaillances" et "PCA" viennent les compléter afin de caractériser les défaillances, leur conséquences et leur gestion jusqu'à la reprise des activités (REJEB, BASTIDE et al. 2012).

Un premier sens de lecture du MM ainsi proposé montre l'impact de la défaillance sur les éléments du système :

- Une association *engendre* entre *événement perturbateur* (spécialisation de l'évènement) et *défaillance*, reflète que la conjonction des événements générés par le domaine et les processus pouvant générer des défaillances.
- Une association *perturbe* entre *défaillance* et *processus*, reflète les effets de

la survenue d'une défaillance sur les processus métier.

- Une association *altère* entre *défaillance* et *aptitude*, reflète l'effet d'une défaillance sur les objets d'entreprise (les ressources).
- Une association *déclenche* entre *défaillance* et *Plan de Continuité d'Activité*, montre que les plans ne sont déclenchés qu'en cas de défaillance critique.

Un second sens de lecture permet de montrer les effets du PCA sur ces éléments :

- Une association *modifie* entre *Plan de Continuité d'Activité* et *processus métier*, montre que les PCA sont des processus particuliers qui viennent se substituer à des processus métier devenus obsolètes à cause d'une défaillance.
- Une association *modifie*, entre *Plan de Continuité d'Activité* et *aptitude*, montre la relation entre les processus de continuité (spécification des processus métier) et les ressources aptes à faire cette reprise.

4.2 Cycle de vie du Management de la Continuité d'Activité

Le MCA est une activité de pilotage continu alternant de manière récurrente entre analyse de l'existant soumis à des impacts et calibrage par des décisions afin de tenir les objectifs (REJEB, LAMINE, PINGAUD et al. 2012). Nous proposons une démarche de MCA découpée en trois phases (figure VI.9). Les contributions apportées se positionnent dans les 2 premières phases de celles-ci.

(1) la pré-planification (phase 1) initie le MCA, à partir de la connaissance des processus de l'organisation. Les besoins en continuité sont analysés et lorsqu'ils sont repérés, ils sont caractérisés par une estimation des DMIA (la Durée Maximale d'Interruption Admissible (AFNOR 2010)). Le lancement du MCA s'attache en même temps à identifier des ressources clés engagées dans des activités sensibles, ceci permet de déterminer au mieux les modes de fonctionnement dégradés les plus adaptés. L'identification des processus critiques est la première étape du management de la continuité d'activité. Elle s'appuie sur les résultats de l'analyse fonctionnelle du système, et se qualifie par une analyse menée selon des caractéristiques fonctionnelles ou non.

L'objectif de cette phase est de pouvoir établir la cartographie des processus métier critiques et la liste des ressources technologiques et humaines nécessaires pour fonctionner en mode dégradé. Chaque élément sous-jacent à un processus critique devient critique lui-même avec une DMIA correspondante.

La démarche d'identification des processus critiques que nous proposons pour outiller cette phase passe par des entretiens auprès d'experts métier. Ceux-ci listent les impacts d'un arrêt complet de chaque processus analysé

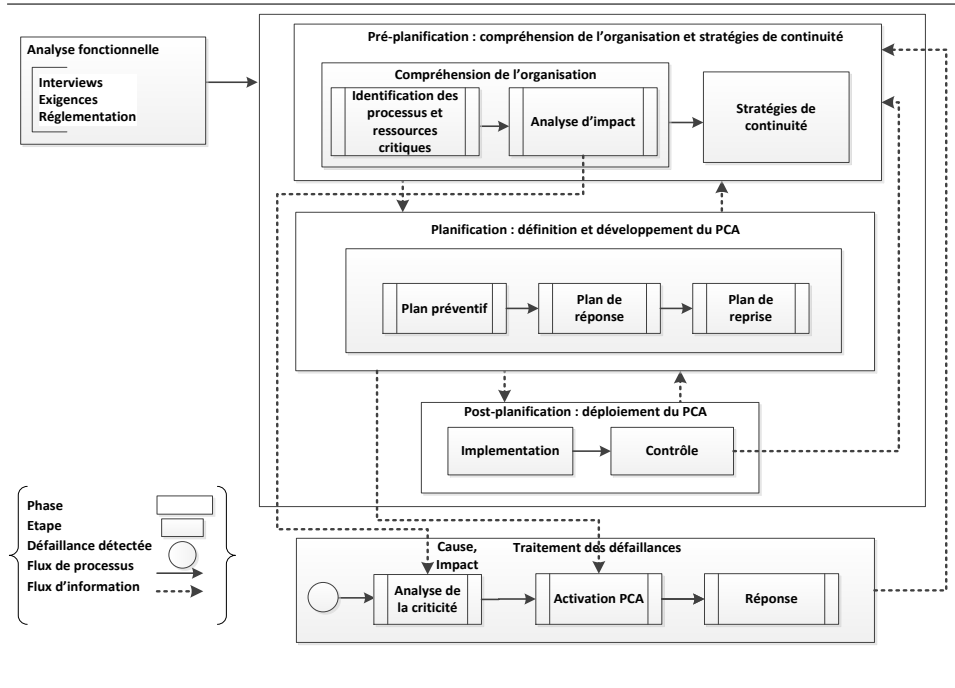


FIGURE VI.9 – Démarche de MCA proposée (REJEB 2013)

sur les objectifs puis en détermine la criticité des processus. Nous proposons d'évaluer la criticité des défaillances par le produit de la DMIA et de l'impact de celle-ci sur l'organisation (agrégation d'impacts de type coût, qualité, délai). Des grilles d'évaluation quantitative sont proposées pour permettre la conversion d'évaluation d'ordre qualitative de ces critères et permettre ainsi le calcul de la criticité. Un seuil de criticité est fixé et si celui-ci est dépassé, des mesures visant à s'assurer que la continuité d'activité est possible doivent alors être développées.

(2) la planification (phase 2) consiste à concevoir et développer un PCA pour traiter les défaillances jugées critiques. Les contributions apportées pour outiller cette phase portent sur un formalisme de modélisation. Ainsi, pour favoriser la caractérisation des défaillances et des impacts, différents symboles de modélisation représentant les concepts et les relations inhérents à la continuité d'activité ont été proposés.

5 Applications concrètes

Les travaux présentés en section 2 ont été réalisés dans le cadre d'une collaboration industrielle avec Astrium qui nous a fait part d'une problématique concrète assortie d'un terrain d'application. Les cas d'études développés sont

ainsi issus du contexte aéronautique et spatial. Dans le cadre du projet de développement d'un nouveau satellite, nous nous sommes intéressés au processus d'intégration et de tests (satellite Assembly, Integration and Test ou AIT). Ce processus, que nous avons appréhendé à un niveau macroscopique, comprend les différentes étapes d'assemblage se terminant par le lancement du satellite dans l'espace. Les variantes étudiées dans ce processus (modifications et suppressions d'activités notamment) permettent d'étudier l'effet de la simplification des tests (et donc l'effet de décision sur l'axe Processus du framework *PPR*²) sur le niveau de risque du projet. Sur la base de cette expérience et en collaboration avec le Beta de Strasbourg, un deuxième cas applicatif a été développé. Celui-ci porte sur le développement d'un petit satellite pour une mission scientifique. Notre étude s'intéresse au cas où deux plate-formes différentes peuvent être envisagées, chacune ayant des avantages et des inconvénients différents. La plate-forme doit permettre d'acheminer le satellite avec une charge utile prédéterminée d'instruments scientifiques et technologiques, jusqu'à son orbite définitive. Deux solutions technologiques peuvent potentiellement être utilisées pour développer la plate-forme : (A) une solution classique en utilisant de l'ergol liquide pour sa propulsion pour atteindre son orbite définitive après que la fusée l'a lâché. (B) une solution innovante, entièrement électrique avec un moteur fonctionnant à partir de gaz xénon ionisé et accéléré par l'énergie électrique fournie par deux panneaux photovoltaïques. Les variantes étudiées dans ce processus permettent d'étudier l'effet de ces choix au travers de leurs répercussion sur le projet (et donc l'effet de décision sur l'axe Produit du framework *PPR*² à travers l'axe Process) sur le niveau de risque du projet.

La deuxième problématique, présentée en section 3, a été apportée par le cabinet de conseil Manageos spécialiste du secteur de l'industrie pharmaceutique. Dans le cadre de ces travaux sept entretiens approfondis avec des acteurs majeurs de processus de décision ont été réalisés : 3 chefs de projet et 4 décideurs. 252 facteurs clés qui influent le processus de décision ont été identifiés, dont près de 50 % de facteurs contextuels. Les trois causes les plus citées sont : la peur de l'incertitude, la peur de la hiérarchie et la difficulté de prise des décisions NoGo. Il en ressort que si, à juste titre, beaucoup d'attention a été prêté, dans le domaine du développement pharmaceutique, à la façon d'effectuer les tests et de fournir les résultats, peu d'attention est portée à la façon dont on agrège, prépare et présente les résultats et dont on prend les décisions. En ce sens, afin de surmonter dans une large mesure le problème du retard et de l'invalidation des décisions collaboratives, les contributions présentées formalisent le processus de prise de décision observé et discuté avec les acteurs rencontrés. Elles identifient les causes de retard et les pratiques efficaces associées aux activités de ce processus (HASSANZADEH et al. 2012a).

Les contributions présentées dans la section 4 de ce chapitre ont été appliquées dans le périmètre de la structure d'Hospitalisation A Domicile (HAD) Tarn Nord, dont le siège est au Centre Hospitalier d'Albi et qui compte à l'heure actuelle dix huit lits. Une série d'entretiens a permis de recueillir les expériences vécues et des informations relatives aux processus mis en œuvre dans les services de la HAD. Cette modélisation permet d'aboutir à l'identification des processus critiques et des ressources critiques. Ces entretiens ont aussi permis d'identifier les scénarios de défaillance à étudier. L'analyse de la criticité de ces situations de défaillances permet alors de déterminer la nécessité de définir un PCA pour les éviter ou les corriger. La définition du PCA consiste alors à déterminer comment l'organisation doit se mobiliser pour tenir ses objectifs dans de telles situations.

6 Conclusion

Les contributions proposées dans ce chapitre ont porté sur des questions de choix d'une variante de projet, de poursuite ou de substitution de processus et d'activités dont la mise en œuvre devrait être privilégiée pour que les objectifs puissent être tenus. Elles permettent ainsi aux organisations d'une part de prendre ces décisions en ayant une idée de leurs répercussions sur le niveau de risque des processus. D'autre part, elle permettent de déterminer le niveau d'incertitude sur l'atteignabilité des objectifs.

Le choix des processus et des activités a une incidence directe sur la fiabilité des processus et des projets. La première contribution présentée (section 2) a ainsi été focalisée sur l'aide au choix des activités. Ce choix, qui influence le niveau de risque du projet, doit alors être fait en connaissant ses répercussions. Dans ce contexte, les travaux de master de Frédéric Laars ont permis, sur la base des contributions présentées dans le chapitre précédent, de proposer une évolution de l'approche "ProRisk" permettant de modéliser les décisions stratégiques ainsi que les différentes variantes auxquelles elles conduisent. Ces travaux ont été valorisés par deux ACTI (MARMIER, GOURC et LAARZ 2012a, MARMIER, GOURC et LAARZ 2012b) et un ACL (MARMIER, GOURC et LAARZ 2013). Une collaboration avec le laboratoire BETA a quant à elle permis d'apporter un complément de compétence sur les processus et projets innovants et de poursuivre l'avancement de ces travaux. L'approche "ProRisk" a ainsi été complétée afin de permettre l'aide au choix de solutions technologiques. Ces nouveaux éléments ont eux aussi été valorisés par un ACTI (FILIPAS DENIAUD et al. 2013) et un ACL (MARMIER, FILIPAS DENIAUD et al. 2014).

La décision d'arrêt d'un projet ou de poursuite d'un projet pharmaceutique est une décision difficile à prendre pour différentes raisons : les déci-

sions sont collectives sur la base d'un grand volume d'informations souvent incomplètes et incertaines. Elles sont souvent reportées ou invalidées et elles engendrent ainsi des retards pouvant devenir importants et coûteux. Ces travaux ont notamment permis de pouvoir identifier le niveau de risque d'invalidation de décisions prises par un collectif. En collaboration avec le cabinet de conseil Manageos, les contributions ont été élaborées dans le cadre d'un projet de la FonCSI (Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle) et concrétisés par la thèse de Saïna Hassanzadeh (HASSANZADEH 2012). Ces travaux ont été valorisés par un chapitre d'ouvrage, par quatre ACTI (HASSANZADEH et al. 2010, HASSANZADEH et al. 2011a, HASSANZADEH et al. 2011d, HASSANZADEH et al. 2012a) et un ACLN (HASSANZADEH et al. 2011b).

La conjonction de nombreux évènements indésirables ou à la survenue d'un évènement extrêmement conséquent peut remettre en question le fonctionnement des activités, des projets, des processus et de l'organisation. La démarche de continuité d'activité passe par une phase de compréhension de l'organisation. Ces travaux ont permis d'aboutir à une démarche permettant de déterminer les situations critiques dans lesquelles un PCA doit être activé. Ils ont aussi permis d'aider à la modélisation de PCA et à leurs évaluations. Nous avons mené de telles observations de terrain dans le cadre des projets de recherche multi-partenaires ANR Plas'OSoins et région Midi-Pyrénées SySO et de la thèse d'Olfa Rejeb (REJEB 2013). Les contributions obtenues ont été valorisées à l'heure actuelle par 3 ACTI (REJEB, MARMIER et al. 2012, REJEB, LAMINE, PINGAUD et al. 2012, REJEB, BASTIDE et al. 2012).

Chapitre VII

Aide au choix des ressources pour des projets risqués

1 Introduction

Les innovations réalisées dans le cadre d'un projet sont le fruit du travail d'un collectif de ressources humaines. Elles mettent à profit les compétences développées au cours de leurs expériences afin de résoudre des problèmes nouveaux de conception, d'organisation, de pilotage. Pour surmonter les difficultés techniques, technologiques et organisationnelles, des acteurs et des ressources matérielles sont mobilisées au sein de l'organisation afin de créer de la valeur. Pour un bon déroulement du projet, les ressources humaines doivent être suffisamment compétentes et, tout comme les ressources matérielles, elles doivent être suffisamment disponibles afin de pouvoir contribuer aux activités.

Progressivement dans le temps, différents processus d'estimation des efforts à accomplir, de planification des délais et des ressources, de négociation des ressources, d'optimisation des coûts et des durées sont ainsi déroulés pour concevoir le projet et s'assurer que les objectifs puissent être atteints. A l'issue de ces processus, un planning est obtenu. Celui-ci permet de déterminer différentes informations prévisionnelles tels que le coût et la durée du projet, mais aussi les périodes au cours desquelles des ressources particulières seront nécessaires.

Les risques sont rarement pris en considération au cours de ces processus, ainsi il est fréquent d'avoir des estimations de besoin en ressources éloignées de la réalité ou encore d'avoir des ressources à disposition du projet alors que le besoin réel n'est pas (ou n'est plus) sur cette même période. Cela peut avoir différentes conséquences sur la tenue des objectifs. Par exemple, des

besoins en compétence ou encore en nombre de ressources peuvent être sous-estimés et mener à des dépassements d'objectifs souvent fixés sur la base des premières estimations. Une sur-estimation peut quant à elle entraîner un rejet lors d'une réponse à appel d'offre car celle-ci serait jugée trop importante. Classiquement ces problématiques sont soulevées en faisant abstraction des risques. Les résultats sont donc potentiellement éloignés de la réalité.

Au cours de ce chapitre, nous étudions ainsi trois problématiques, pouvant être décrites par les questions ci-dessous :

- Comment évaluer l'effort à accomplir pour réaliser un projet en prenant en compte les risques et incertitudes ?
- Comment tenir compte du niveau de compétences des ressources humaines lors de leur affectation dans un projet risqué ?
- Comment déterminer les périodes de besoin en ressources critiques dans un projet risqué ?

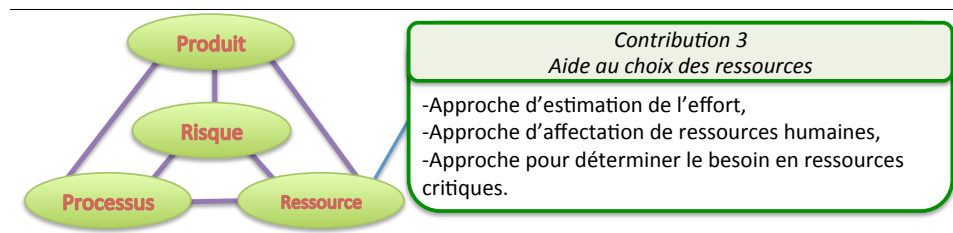


FIGURE VII.1 – Positionnement des contributions du chapitre VII

Différents travaux nous ont permis de répondre à ces problématiques. La figure VII.1 positionne ces contributions, par rapport au framework PPR^2 proposé, principalement sur l'axe des Ressources. Les travaux de master de Martin Gonzallo (2010), de deux étudiants indiens en bachelor (2011) et de thèse de Safae Laqrichi (soutenance prévue en octobre 2015) y ont grandement contribué. Le projet FUI Projestimate a notamment fourni un terrain d'application. Les collaborations avec le LGPP de l'EPFL et le laboratoire IMS de Bordeaux-Agen ont permis d'apporter des compléments de compétence relatifs à la gestion des ressources. Les résultats ont été valorisés par 7 ACTI et 2 ACL ont été soumis.

Le positionnement dans le temps du déroulement de ces contributions, est présenté sur la figure VII.2. Trois sections répondent respectivement à ces trois problématiques :

- La première présente les contributions obtenus à ce jour dans les travaux pour estimer l'effort à fournir dans le cadre de Projet de Systèmes d'Information (PSI). Une approche prenant en compte les incertitudes des données est proposée afin d'obtenir des estimations plus fiables.
- Sur la base du concept de Gap de compétence entre les compétences ac-

quises par les ressources humaines et celles qui sont requises pour le bon déroulement des activités du projet, nous proposons, dans la deuxième section, une approche d'aide à la sélection des ressources humaines et des stratégies de traitement du risque associées.

- La troisième section présente nos contributions à la planification des ressources en quantités très limitées dans l'organisation et par conséquent ayant une disponibilité très limitée. Nous proposons une approche qui prend en compte les risques afin de déterminer des plages de besoins robustes au regard de la survenue d'événements perturbateurs.

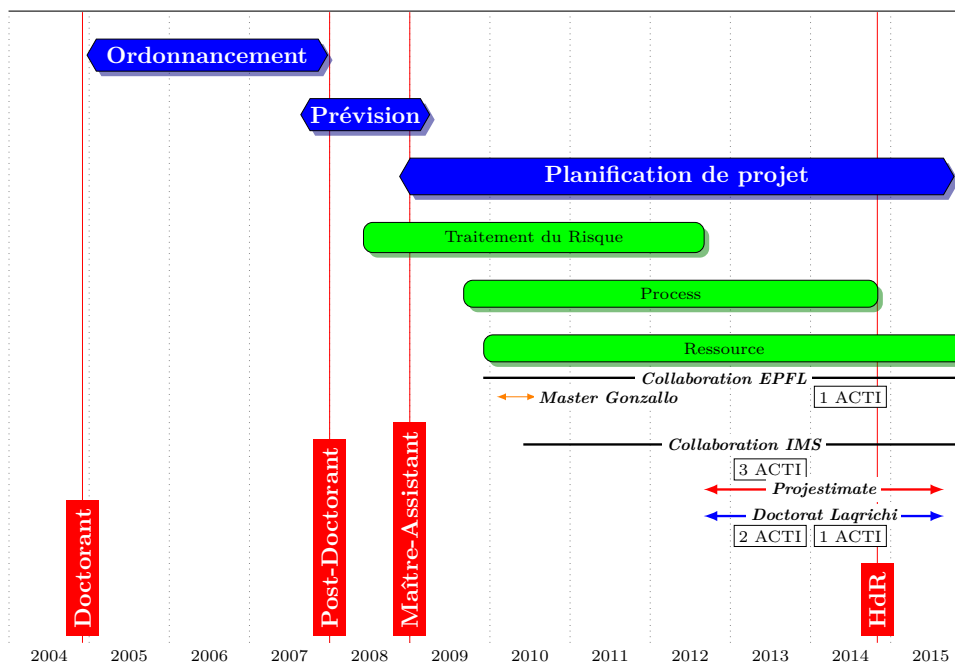


FIGURE VII.2 – Déroulement des travaux de ce chapitre

2 Estimation de l'effort de réalisation d'un projet

L'estimation de l'effort, de la durée et du coût de développement des projets logiciels est très utilisée dans les processus d'appel d'offre ou de définition du projet notamment dans le domaine du logiciel. Diverses méthodes et techniques d'estimation de l'effort de développement sont utilisées selon le contexte du projet (LAQRICHI et al. 2013b).

2.1 Formalisation du problème d'estimation

Les entreprises capitalisent leurs expériences passées. Une base de données des projets réalisés par le passé dans l'entreprise contient un large éventail d'informations sur les projets achevés. Elle se construit sur plusieurs années et les projets sont menés par différentes équipes.

Un projet P_i est ainsi caractérisé par un couple d'ensembles noté $P_i = \{A_i, E_i\}$ ($1 \leq i \leq n$) avec n le nombre de projets de la base, où :

- A_i est l'ensemble des valeurs des attributs décrivant P_i : $A_i = \{a_{ij}\}$ ($1 \leq j \leq l$), où a_{ij} représente la j^{eme} valeur de l'attribut du projet i et l le nombre d'attributs. La liste des attributs du jeu de données peut être notée \mathcal{A} . Les attributs d'un projet peuvent être de différents types : numérique (continue ou discret), nominal (modalité à choisir dans une liste) et binaire (vrai ou faux). Les attributs sont généralement sous la forme de valeurs uniques, car la plupart des informations sont certaines durant la phase de collecte d'informations.
- E_i est l'ensemble des valeurs réelles, obtenues après l'achèvement du projet P_i : $E_i = \{e_i, c_i, t_i\}$, où E_i , c_i et t_i représentent respectivement l'effort, le coût et la durée du projet P_i . Les travaux présentés ici mettent l'accent sur l'estimation de l'effort, donc E_i est réduite à : $E_i = \{e_i\}$.

Les *drivers de l'effort* sont des attributs discriminants qui influent sur l'effort. La liste des drivers de l'effort est incluse dans la liste des attributs et peut être notée \mathcal{D} ($\mathcal{D} \subset \mathcal{A}$). L'ensemble des valeurs des drivers d'effort du projet P_i peuvent être notées que $D_i = \{d_{ik}\}$ ($1 \leq k \leq r$), où d_{ik} représente le driver d'effort k du projet P_i et r est le nombre de drivers de l'effort.

La conception d'un modèle d'estimation de l'effort nécessite d'identifier les drivers et de définir la relation entre l'effort et les drivers. Cette relation peut être représentée par une fonction f qui minimise les erreurs δ_i entre l'effort réel et l'effort estimé E_i , telle que dans l'équation VII.1 où ($1 \leq i \leq n$). Dans ces travaux, cette relation est modélisée en utilisant les Réseaux de Neurones (RN).

$$f(d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ir}) = \tilde{E}_i = E_i + \delta_i \quad (\text{VII.1})$$

2.2 Modèle d'estimation de l'effort

Pour permettre d'estimer de l'effort d'un projet, nous proposons une approche de construction de modèle d'estimation de l'effort. Le modèle est construit sur la base de Réseaux de Neurones (RN). Ce modèle prend en compte les informations incertaines qui caractérisent les nouveaux projets. Des distributions de probabilité permettent ainsi de caractériser les incerti-

tudes de chaque driver d'effort.

La figure VII.3 présente l'approche proposée. Le formalisme détaillé précédemment a été utilisé pour détailler les algorithmes sous-jacents. Elle comprend deux processus : (1) la conception d'un modèle d'estimation (2) la mise en œuvre du modèle.

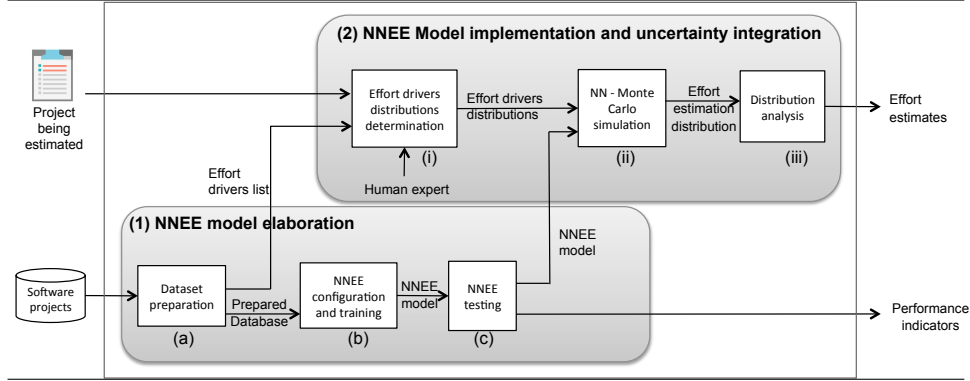


FIGURE VII.3 – Méthode d'estimation de l'effort proposée

(1) La conception du modèle vise ainsi à élaborer un modèle d'estimation en utilisant un RN (LAQRICHI et al. 2014a). Comme le montre la figure VII.3, elle se compose de trois grandes étapes : (a) la préparation du jeu de données, (b) la configuration du modèle de RN et (c) le test du modèle.

(a) Les données utilisées pour la réalisation des estimations proviennent essentiellement des retours d'expériences des projets menés par l'entreprise. Cependant, il est fréquent que les informations présentes dans cette base de données ne soient pas complètes. La préparation de données comprend alors trois étapes : nettoyage, transformation et division. Elle consiste à retirer les attributs inutiles pour l'estimation, supprimer les projets dont les informations sont manquantes et à transformer toutes les variables en valeurs numériques utilisables dans le modèle de RN, avec $m = \min_{1 \leq i \leq n}(a_{ij})$ et $M = \max_{1 \leq i \leq n}(a_{ij})$.

$$a_{ij} \leftarrow \frac{a_{ij} - m}{M - m} \quad (\text{VII.2})$$

L'étape de division consiste à sélectionner des projets pour la conception du RN et d'autres pour le tester.

(b) Il n'existe pas de méthode optimale pour déterminer la configuration la plus appropriée (GOLMOHAMMADI 2013). Dans ces travaux, différents facteurs ont été pris en compte pour la déterminer : le nombre d'entrées correspond au nombre de drivers de l'effort ; le nombre de sorties correspond

au nombre de variables à estimer ; le nombre de couches cachées est fixé à 2 ; le nombre de nœuds, dans chaque couche cachée, est généralement inférieur ou égal à deux fois le nombre des entrées (BOETTICHER 2001).

Le paramétrage vise à ajuster la relation entre les entrées et les sorties du RN. Plusieurs algorithmes d'apprentissage peuvent être utilisés, tel que Resilient back PROPagation (RPROP) qui a été retenu et adapté pour cette approche.

(c) Pour évaluer la performance du modèle, l'effort calculé est comparé à l'effort réel (LAQRICHI et al. 2013a). L'un des critères couramment utilisés est l'amplitude moyenne de l'erreur relative (Mean Magnitude of Relative Error *MMRE*), tel que défini dans l'équation (VII.3) dans laquelle *MRE* représente l'ampleur de l'erreur relative pour un projet (équation (VII.4)).

$$MMRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MRE_i \quad (VII.3)$$

$$MRE_i = \frac{|E_i - \tilde{E}_i|}{E_i} \quad (VII.4)$$

Pred(l) est un autre critère couramment utilisé pour évaluer la performance des modèles d'estimation. Il représente la probabilité d'un projet d'avoir une erreur inférieure ou égale à *l* (classiquement *l*=25%) (DAVE et al. 2012). Dans l'équation (VII.5), *p* représente le nombre de projets ayant une erreur inférieure ou égale à *l*.

$$Pred(l) = \frac{p}{n} \quad (VII.5)$$

(2) La mise en œuvre du modèle de simulation proposé se compose de trois activités principales : (i) la détermination des distributions des drivers d'effort, (ii) la simulation Monte-Carlo (figure VII.4) et (iii) l'analyse de la distribution obtenue.

La forme de la distribution des estimations de l'effort donne une idée des répercussions des incertitudes sur l'effort. Cela permet de trouver la probabilité des estimations possibles de l'effort, y compris l'effort le plus probable, \tilde{E}_{new} . La distribution cumulée des estimations de l'effort $\tilde{E}_{new}(u)$ permet d'avoir l'effort estimé dans la limite du niveau d'incertitude *u* acceptable. Ainsi, selon le degré de confiance de l'estimateur en la survenue ou non d'évènements, celui-ci peut évaluer la couverture du risque et l'équilibre coût bénéfice associé.

$$Niveaudecouverture = \tilde{E}_{new}(u) - \tilde{E}_{new} \quad (VII.6)$$

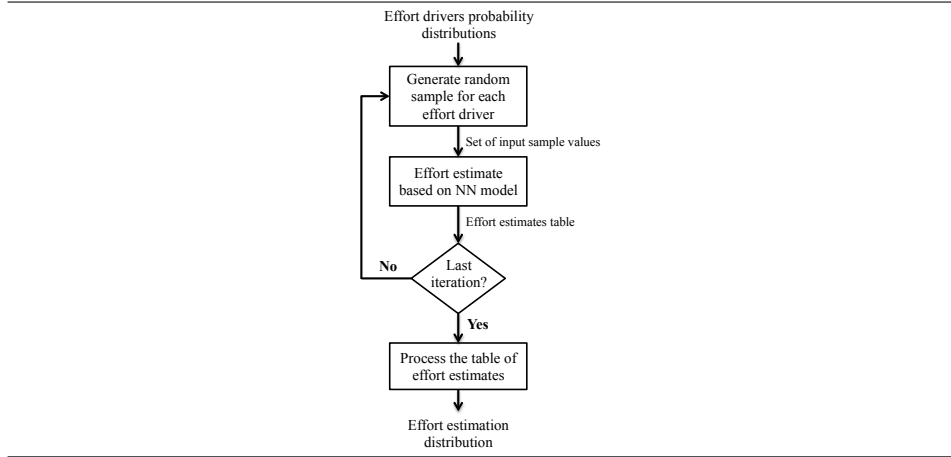


FIGURE VII.4 – Processus de simulation RN-Monte Carlo

3 Planification des ressources humaines

Le modèle présenté dans la section 2 du chapitre V sert de base à ces travaux. Dans un objectif de minimisation des coûts et des délais, il a été enrichi afin d'aider à choisir les affectations des ressources humaines et sélectionner les stratégies de traitement du risque. Dans cette section nous nous intéressons à l'écart (ou GAP) de niveau de compétence entre celui qui est requis par une tâche pour être réalisée dans des conditions optimales et celui qui est acquis par la ressource humaine qui la réalisera. Cet écart influence la durée de réalisation de la tâche et a donc un effet sur la durée du projet.

3.1 Données

Une tâche t est définie par une compétence S_{sk}^t ($sk = 1...Sk$) (ou compétence unitaire) nécessaire à son déroulement. Sk correspond au nombre de compétences connues dans l'organisation. Les compétences mobilisent un ensemble de Ressources Non Matérielles (RNM) r ($r = 1...W$), avec W le nombre de RNM dans l'organisation. Le niveau requis par la tâche t dans la RNM r est noté $L_{req}^{t|r}$.

Chaque tâche est réalisée par un acteur Act_{act} ($act = 1...A$), A étant le nombre d'acteurs dans l'organisation. Chaque acteur a un ensemble de compétences S_{sk}^{act} ($sk = 1...SK$). Pour chaque S_{sk}^{act} , un acteur mobilise un ensemble de RNM avec un niveau acquis respectif $L_{act}^{t|r}$.

Quel que soit l'acteur affecté à une tâche t , il y aura un écart de temps $\Phi_{act}(t)$ entre la durée qu'il mettra et celle que mettrait la ressource parfaitement adéquate. $Gap_{act}^{t|r}$ est la différence entre le niveau acquis et requis de

la RNM. Une pondération $W^{t|r}$ permet de prendre en compte la différence d'importance des RNM pour effectuer t (essentielle pour des RNM technique dans le cadre de tâche de développement pouvant compromettre la qualité).

$$Gap_{act}^{t|r} = L_{act}^{t|r} - L_{req}^{t|r} \quad (\text{VII.7})$$

La performance d'un acteur est fonction des écarts positifs ou négatifs des niveaux des différents RNM. Elle n'est pas simplement proportionnelle à ce Gap. Deux fonctions d'approximation différentes $f'_{\Delta T}(Gap_{act}^{t|r})$ et $f''_{\Delta T}(Gap_{act}^{t|r})$ permettent une pondération du gain en temps due à l'écart de compétence. Il se situe entre un gain minimal $G_{min}^{t|r}$ et un gain maximal $G_{max}^{t|r}$ pour chaque RNM. Ainsi, l'écart de temps de la tâche t , $\Phi_{act}(t)$ est obtenu :

$$\Phi_{act}(t) = \sum_{r=1}^W \left\{ \left(\frac{f'_{\Delta T}(Gap_{act}^{t|r}) * G_{max}^{t|r} * \theta_{act}^{t|r} + f''_{\Delta T}(Gap_{act}^{t|r}) * G_{min}^{t|r} * \bar{\theta}_{act}^{t|r}}{f'_{\Delta T}(Gap_{act}^{t|r}) * G_{max}^{t|r} * \theta_{act}^{t|r} + f''_{\Delta T}(Gap_{act}^{t|r}) * G_{min}^{t|r} * \bar{\theta}_{act}^{t|r}} \right) * W^{t|r} \right\} / \sum_{r=1}^W W^{t|r}, \forall act, \forall p \quad (\text{VII.8})$$

Où $\theta_{act}^{t|r}$ est une variable booléenne. $\theta_{act}^{t|r} = 1$ si $Gap_{act}^{t|r}$ est positif ou nul et $\theta_{act}^{t|r} = 0$ sinon.

$D_{act}(t)$, la durée d'une tâche t est alors obtenue par l'addition de $\Phi_{act}(t)$, qui dépend de l'efficacité de l'acteur, à la durée initiale $D_{init}(t)$ qui ne dépend pas de l'acteur.

$$D_{act}(t) = D_{init}(t) + \Phi_{act}(t) \quad (\text{VII.9})$$

La durée de chaque scénario de projet $D(ScP_p)$ est obtenue en utilisant la méthode PERT.

$$D(ScP_p) = \sum_{act=1}^{Act} \sum_{t=1}^T D_{act}(t) * Z_{act}^t * \gamma^t \quad (\text{VII.10})$$

Avec γ^t une variable booléenne qui représente l'appartenance de t au chemin de critique. $\gamma^t = 1$ si la tâche est sur le chemin critique, 0 sinon. Z_{act}^t est une variable booléenne qui indique si l'acteur traite la tâche. $Z_{act}^t = 1$ si act est affecté à t , 0 sinon.

Le coût d'un scénario de projet $C(ScP_p)$ est composé de coûts directs $DC(ScP_p)$ (relatifs aux tâches, risques et traitements des risques) et de coûts indirects $IDC(ScP_p)$ relatifs aux activités.

$$C(ScP_p) = DC(ScP_p) + IDC(ScP_p) \quad (\text{VII.11})$$

$$IDC(ScP_p) = \sum_{act=1}^{Act} \sum_{t=1}^T D(t) * Z_{act}^t * P_{act} \quad (\text{VII.12})$$

Où P_{act} est le taux en unité monétaire par unité de temps de l'acteur act .

3.2 Contraintes

Les contraintes suivantes ont été formulées afin de simplifier et cadrer le problème sur l'objectif des travaux. Ces aspects pourraient être traités dans des travaux futurs. Dans ces études, nous considérons donc qu'un acteur ne peut pas réaliser plusieurs tâches sur une même période de temps car cela forcerait à tenir compte de temps partiels variables à consacrer à des activités. Une tâche ne peut être réalisée que par un acteur. L'effet possible du nombre d'acteurs sur la durée de réalisation des tâches n'est pas géré dans ces travaux.

Chaque tâche t , est traitée par un et un seul acteur act .

$$\sum_{act=1}^{Act} Z_{act}^t = 1, \forall t \in (1...T) \quad (\text{VII.13})$$

Un acteur act ne peut pas traiter plus d'une tâche t en même temps.

$$\sum_{t=1}^T Z_{act}^t(time) \leq 1, \forall act \in (1...Act) \quad (\text{VII.14})$$

Où Z_{act}^t est la consommation de l'acteur act au moment $time$.

3.3 Approche de résolution

La figure VII.5 montre les décisions successives D1 à D4 de gestion des risques et d'affectation des ressources humaines. D1 consiste à sélectionner la stratégie de traitement préventif des risques. D2 correspond à l'affectation des acteurs aux tâches du projet (y compris aux actions de traitement du risque). D3 consiste à décider quelles actions correctives doivent être effectuées face à ensemble des événements indésirables. Ces événements sont représentés par les nœuds de chance E sur l'arbre de décision. Enfin D4

consiste à affecter les acteurs aux tâches de traitement des risques correctives insérées dans le planning.

Similairement à la section 2.2 du chapitre VI, cette approche se déroule en deux phases :

La phase (1) consiste à construire les ScP et à déterminer pour chacun d'entre eux l'ensemble des solutions d'affectation possibles. ScP sont ainsi construits de la même manière que dans la section 2.2. Pour chacun de ces ScP , les meilleures affectations sont construites afin de permettre une comparaison globale et un choix combiné du ScP et de l'ensemble des affectations. Plusieurs études comparatives montrent que les Algorithmes Génétiques, tel que le NSGA-II, s'avèrent suffisants pour obtenir les solutions non-dominées avec une bonne répartition (ZITZLER et al. 2000, DEB 2001). Les solutions optimales de Pareto, ainsi obtenues, correspondent aux scénarios de projet possibles après affectation des ressources.

La phase (2) consiste à choisir les stratégies correctives, pour chaque ScR et le meilleur ensemble d'affectations. Une ressource ne pouvant effectuer 2 activités en parallèle et connaissant l'ensemble des ScP (avant affectation), D4 et D2 sont prises simultanément dans chaque branche de l'arbre. Le fait que des acteurs soient affectés à des solutions Pareto optimales prouve leur performance et l'intérêt de les choisir. Si un même acteur est affecté à une même tâche dans de nombreuses solutions de Pareto, cela signifie que l'affectation est plus robuste que d'autres aux modifications du projet. En effet, cette affectation est proposée dans diverses situations et donne de bons résultats. La fréquence des propositions de l'affectation est ainsi mesurée par acteur et par tâche. Par conséquent parmi toutes les solutions de Pareto et pour chaque tâche, les acteurs les plus fréquemment affectés seront sélectionnés pour chaque ScP . D3 consiste à sélectionner, pour chaque ScR , la stratégie corrective qui minimise $Cr(ScP_P)$. D1 (choix de la stratégie préventive) est la dernière étape qui compose la phase de résolution. Elle consiste à éviter les pires cas possibles, scénarios de projet minimisant $CR_{max}(ScP)$ sur la base du critère de Savage souvent utilisé en théorie la décision (PETAR 1999).

4 Planification des ressources critiques

Les contributions présentées dans cette sections s'intéressent au problème de décalage entre le besoin en ressources critiques pour le projet et leurs disponibilités. Les décalages possibles peuvent résulter d'évènements remettant en cause la planification prévisionnelle.

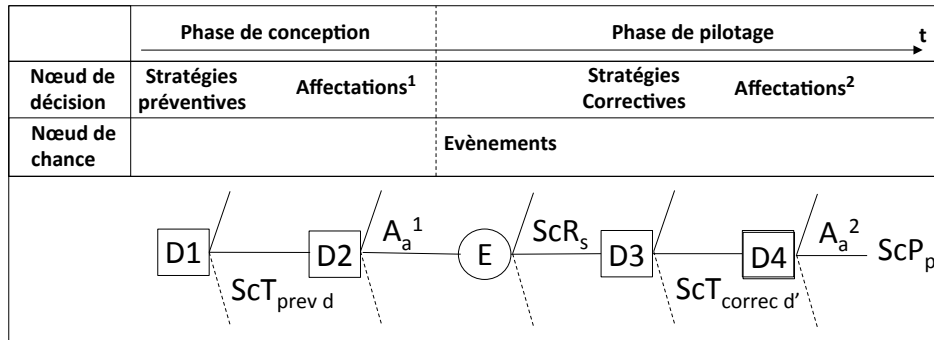


FIGURE VII.5 – Décisions successives (MARMIER, CHEIKHROUHOU et GOURC 2014)

4.1 Une mauvaise synchronisation entre besoin et disponibilité

La capacité des entreprises à décrocher des contrats et à porter des projets innovants repose bien souvent sur certaines ressources particulières. Celles-ci sont affectées aux tâches sur la base de planifications prévisionnelles. La survenue d'évènements indésirables fait que les besoins en ressources peuvent ainsi être décalés dans le temps, modifiés, voir supprimés. Le chef de projet ne dispose donc pas de cette visibilité lorsqu'il réserve les ressources. La disponibilité des ressources peut ainsi être désynchronisée du besoin réel. Certaines ressources peuvent plus facilement être remplacées que d'autres (par des ressources internes ou externes à l'organisation). Ainsi, toutes les Ressources ne sont pas considérées comme Critiques (RC). En reprenant le formalisme de diagramme à bulles introduit dans la figure VI.3, le décalage entre besoin et disponibilité est illustré sur la figure VII.6. Il est possible d'observer le besoin d'une même ressource dans deux *ScP* différents. Les planning de ces *ScP* présentant des différences, les tâches (ici l'exemple de T5) peuvent être décalées dans le temps. La période de besoin d'une même ressource sera alors différente entre ces deux *ScP*. Si l'allocation de la RC, par l'organisation, se fait uniquement sur la base de l'un de ces deux *ScP* et que les évènements fassent que l'on se retrouve dans l'autre *ScP*, la réalisation de la tâche dans de bonnes conditions risque d'être compromise. Les responsables projet doivent donc connaître avec le plus de fiabilité possible le positionnement dans le temps de ces besoins en RC ainsi que ses variations en fonction des évènements et de la gestion des risques (MARMIER, GOURC et LAARZ 2012b).

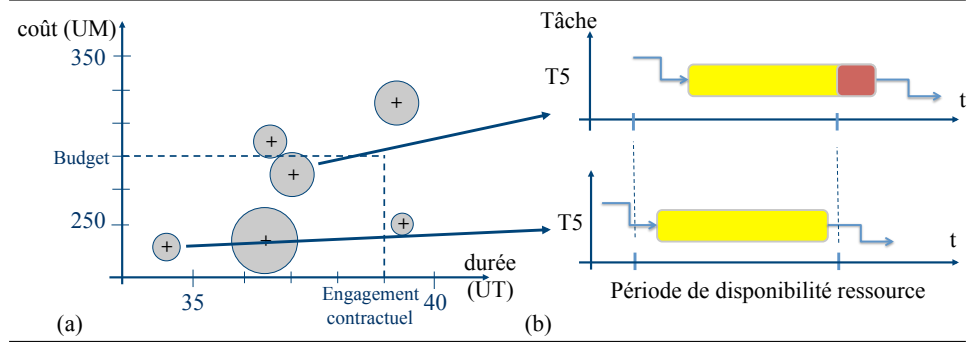


FIGURE VII.6 – Besoin différent selon les ScP (MARMIER et al. 2013a)

4.2 Arbre de décision et critère d'évaluation de solutions

Afin de répondre à cette problématique, le modèle proposé au chapitre V, section 2 sert de base à ces travaux qui viennent le compléter.

Le processus de planification des délais donne une planification initiale P_i qui n'intègre pas les risques. Des ressources critiques $RC_r (r = 1...K)$ sont requises pour la réalisation de certaines tâches. Les RC retenues composeront un scénario de RC $ScRC$. Pour planifier les ressources, le chef de projet a besoin de connaître la faisabilité des plannings, en fonction de la disponibilité des ressources ou pour négocier celle-ci dans l'organisation, en tenant compte des risques et des stratégies qui ont une influence sur le positionnement dans le temps des tâches. La figure VII.7 présente les décisions successives prises en phase de conception du projet. Sur la base de P_i , le traitement préventif des risques est choisi puis les ressources sont affectées. Lorsque le projet est lancé et que des événements surviennent un traitement correctif de ces événements est réalisé. Deux critères complémentaires caractérisant la surcharge des ressources sont alors proposés. Ils sont appliqués pour évaluer l'effet des décisions sur la faisabilité du projet pour des allocations déterminées (ressources et périodes de temps associées allouées au projet). Ils se calculent pour l'ensemble des ScP générables durant le projet, sur la base des décisions prises en phase de conception :

Pour des plages de mise à disposition données de chaque RC , la plus importante surcharge rencontrée correspond à la somme des durées d'activités pour lesquelles une ressource n'est pas disponible pour tous les ScP réalisables après D1 et D2 en phase de pilotage (il peut s'agir de partie d'activités ou d'activités complètes) :

$$\max \sum_{t=1}^T RC_r^{indisp}(t), \forall r \in \{1 \dots K\}, \forall ScP/ScT_{prev}, ScRC \quad (VII.15)$$

Avec $RC_r^{indisp}(t)$ la durée d'indisponibilité de RC_r pour la tâche t .

La surcharge totale d'un $ScP/ScT_{prev}, ScRC$

$$\sum_{r=1}^K \sum_{t=1}^T RC_r^{indisp}(t), \forall ScP/ScT_{prev}, ScRC \quad (VII.16)$$

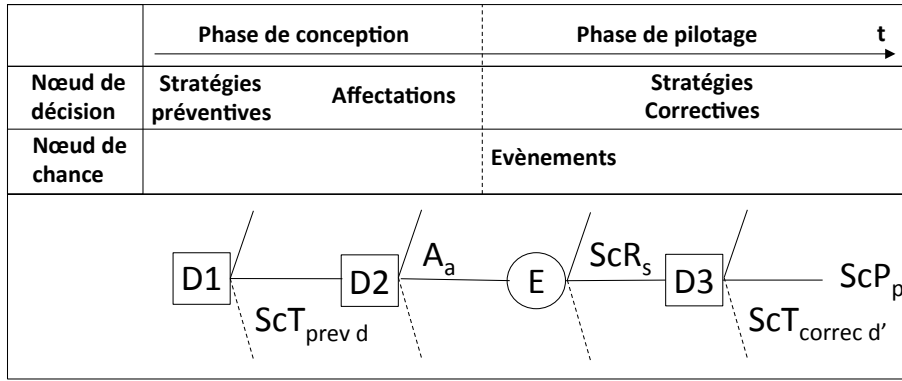


FIGURE VII.7 – Décisions successives intégrant la sélection des RC

4.3 Processus décisionnel

Sur le principe de l'approche proposée au chapitre VI, section 2.2, le corps de l'approche est composé de deux phases :

- (1) Tous les scénarios possibles de projets sont générés et leurs évaluations sont calculés. Une comparaison entre les périodes de disponibilité des RC et les périodes de besoin (formulées par les dates de début et de fin des tâches du projet) est réalisée. Les ScP sont évalués suivant les critères classiques : coût et délai ainsi que ceux de surcharge des RC présentés précédemment.
- (2) la sélection des décisions conduit à retenir les scénarios de projet ayant la meilleure capacité à tenir les engagements contractuels tout en s'assurant de sa faisabilité. Sur la base des scénarios et de leurs évaluations ainsi obtenus, il est possible de déterminer ceux qui ont le plus de chance de répondre aux objectifs et pour lesquels les ressources sont disponibles (mais aussi de déterminer si les objectifs ne peuvent en aucun cas être tenus). Toutes les décisions conduisant à ces scénarios peuvent alors être déduites (ROBIN, MARMIER et al. 2013, MARMIER et al. 2013b).

5 Applications concrètes

Les cas applicatifs développés pour mettre en œuvre et valider les contributions obtenues en estimation de l'effort (section 2) s'appuient pour certains sur des bases de données connues, issues de la littérature (celle de la NASA par exemple). D'autres bases sont aussi réalisés à partir de données obtenues dans le cadre du projet FUI Projestimate. Ces bases contiennent les informations recueillies dans le cadre de retour d'expérience de projets de systèmes d'informations passés. Elles permettent d'établir des modèles d'estimations, de les tester sur des projets et de mettre en évidence l'efficacité de nos propositions. Les bases ne peuvent cependant pas être directement utilisées. En effet, certaines des informations présentes dans les bases peuvent ne pas être utiles pour nos travaux et certains projets peuvent ne pas présenter toutes les informations nécessaires ou encore présenter des données erronées. Elles nécessitent ainsi très fréquemment un nettoyage.

Le cas applicatif proposé pour valider nos approches d'affectation et de planification des ressources (sections 3 et 4) provient du secteur de la construction et a été développé sur la base de l'expérience des collègues de l'IMS Bordeaux. Il s'agit d'un projet de réalisation d'un site comprenant une station météorologique. Ce projet comprend des activités de préparation du site, de construction de bâtiments et d'installations techniques. Dans le cadre des contributions présentées en section 3, le chef de projet a à sa disposition un ensemble d'acteurs présentant des spécialisations par rapport aux grands domaines d'activité définis, des niveaux de compétences et des taux horaires différents. Il doit alors réaliser les affectations au regard des coûts et de la durée du projet. Étant donné les incertitudes résidant dans l'évaluation des niveaux de compétence, un niveau de détail macro est conservé, dans le détail des activités, pour cette étude. Celle-ci est alors décomposée en 6 macro-tâches.

Sur ce même cas d'étude, dans le cadre des contributions présentées en section 4, le chef de projet dispose de ressources critiques ayant des disponibilités limitées déterminées. Celles-ci sont fixées par le responsable métier qui tient compte du besoin du chef de projet ainsi que de celui des autres chefs de projet de l'organisation. Le chef de projet doit alors déterminer les stratégies de traitement du risque permettant de tenir ses objectifs tout en s'assurant que les activités soient réalisables lorsque les ressources critiques sont disponibles. Afin de pouvoir étudier l'influence des risques et de leur traitement sur les périodes de besoin en ressources critiques, l'organigramme des tâches du cas d'application est étudié plus en profondeur que pour l'étude précédente. Le projet comprend ainsi 10 lots de tâches, pour un total de 42 tâches.

6 Conclusions

Dans ce chapitre nous avons présenté nos contributions dont la portée concerne la prise en compte des ressources dans les projets. Ces contributions se positionnent dans un contexte sujet à des risques afin d'améliorer la robustesse des projets et de leur planning lors de la survenue d'événements indésirables.

L'estimation de l'effort à accomplir au cours d'un projet permet de dimensionner les moyens à mettre en œuvre. Cette tentative de visibilité prévisionnelle permet de mobiliser les ressources internes ou externes nécessaires à la réalisation du projet dans de bonnes conditions. Elle permet aussi de déterminer une enveloppe budgétaire et les conditions de sous traitance afin de lancer un appel d'offre mais aussi d'évaluer les réponses à celui-ci. Les travaux présentés ici ont été réalisés dans le contexte du projet multi-partenaires FUI Projestimate. Les travaux de thèse de Safae Laqrichi, dont la soutenance est prévue fin 2015, ont permis de réaliser une approche à base de réseaux de neurones permettant d'estimer l'effort en prenant en compte l'incertitude de certaines données d'entrée. Une base de données contenant les informations de projets passés est utilisée en entrée de notre approche pour estimer un nouveau projet. Ces travaux se poursuivent à l'heure actuelle afin de permettre d'intégrer la connaissance d'événements indésirables, pouvant survenir, afin de dimensionner le besoin en couverture du risque. Ces travaux ont été valorisés par trois ACTI (LAQRICHI et al. 2013b, LAQRICHI et al. 2013a, LAQRICHI et al. 2014b), un chapitre d'ouvrage (LAQRICHI et al. 2014a) et un ACL est soumis.

Après avoir planifié les délais, il s'agit, entre autres, de planifier les ressources. L'approche développée dans les travaux présentés ici tient compte des différences de niveau de compétence des ressources humaines et prend en compte les risques du projet. Les plannings obtenus ont ainsi une durée et un budget qui tient compte des ressources affectées. Ces travaux ont été menés en collaboration avec le LGPP de l'EPFL. Leurs travaux antérieurs sur les compétences des ressources humaines et sur les ressources non matérielles ont complété ceux que nous avons développés au CGI sur la planification de projet et la gestion des risques projet. Les travaux de master de Martin Gonzallo (2010) et ceux de bachelor de deux étudiants indiens (2011) se sont inscrits dans ce contexte. Ces travaux ont été valorisés par un ACTI (MARMIER, CHEIKHROUHOU et GOURC 2014). Un ACL est soumis.

Certaines ressources ont des disponibilités très limitées. Les risques pouvant survenir dans les projets peuvent décaler dans le temps ou modifier le besoin de ces ressources dites critiques. Pour qu'un projet soit faisable il faut que ces ressources soient disponibles pour les tâches les nécessitant. L'approche proposée dans ces travaux permet d'évaluer si pour une période

de disponibilité donnée le projet est faisable. Elle permet de donner aussi les informations caractérisant le besoin, sa variabilité en fonction du risque afin de permettre la (re)négociation de la disponibilité de ces ressources si cela est jugé nécessaire. Le laboratoire IMS de Bordeaux-Agen a permis d'apporter des compléments de compétence relatifs à la gestion des ressources dans les organisations. Le cas d'étude du projet de construction d'une station météo a été approfondi. Un tel projet nécessitant des moyens lourds et mutualisés dans l'organisation (carotteuse, grue, camion toupie, rouleuse compresseur,...), l'étude des ressources critiques a ainsi pris tout son sens. Les résultats ont conduit à la publication de trois ACTI (ROBIN, MARMIER et al. 2013, MARMIER et al. 2013a, MARMIER et al. 2013b). Un ACL est en cours de rédaction.

Chapitre VIII

Perspectives du projet de recherche

Dans un contexte industriel de forte concurrence dans lequel de nombreuses organisations sont en difficultés, les entreprises doivent de fixer des objectifs qu'elles sont en mesure de tenir tout en leur assurant d'être profitables. Que ce soit pour des questions d'image, de positionnement concurrentiel, pour des questions de rentabilité et de pérennité de l'entreprise, mais aussi de conditions de travail, il est essentiel que les risques soient pris en comptes en raison de leur caractère perturbateur pour les activités.

Ce mémoire présente mes activités de recherche sur la thématique de la gestion des risques projet/processus. Cette thématique a été la principale depuis mon arrivée à l'école des Mines d'Albi Carmaux. J'ai essentiellement mené mes travaux en collaboration avec le professeur Didier Gourc. Nous nous sommes intéressés à la prise en compte d'informations concernant les activités, les produits, les ressources et les risques afin de permettre une gestion plus fiable des activités. Nous avons ainsi tenté d'apporter des éléments de modélisation pour favoriser la représentation, l'analyse et la compréhension mais aussi des approches pour aider à la décision notamment lors de la conception de projet.

Les travaux présentés dans ce document portent sur la conception et le pilotage de processus. Ils ont pour finalité d'aider à la décision en environnements risqués. Nos travaux de recherche prennent tout naturellement leur source dans des contextes de problématiques industrielles. Nous proposons des concepts, des modèles, des approches et des outils. Ces derniers peuvent être des outils méthodologiques mais aussi des outils informatiques. Des logiciels d'optimisation, de parcours de graphe ont ainsi été développés dans le cadre de nos contributions. ProRisk, qui met en œuvre plusieurs de nos contributions, est un véritable système d'information. Il permet, entre autre,

de collecter les informations concernant les processus/projets, les risques et les stratégies de traitement qui leurs sont associées, de traiter ces informations en calculant différents indicateurs et de la diffuser aux responsables de projets, responsables des risques ou responsables métier. ProRisk est accessible en ligne à l'adresse suivante : <http://prorisk.mines-albi.fr>. Nos travaux s'inscrivent ainsi dans les thématiques de l'automatique/productique (génie industriel, planification,...) et de l'informatique (système d'information, recherche opérationnelle, algorithmique,...).

Les contributions proposées ont été positionnées sur le framework *PPR*² (figure IV.2) présenté en introduction. Des contributions ont ainsi réalisées sur chacun des axes : l'axe Produit (à travers ses répercussions sur l'axe Processus), l'axe Processus, l'axe Ressource et l'axe Risque. La prise en compte de ce dernier représente l'originalité de ce projet de recherche. A travers cette décomposition, nous avons tenté d'avoir une démarche simplificatrice traitant de l'aide à la décision au regard de chaque axe pris séparément. Cependant, il s'avère compliqué de s'intéresser à chaque axe séparément. Dans la première partie du mémoire qui s'intéresse à l'axe du Risque, en traitant les risques, le processus est modifié par l'ajout des actions de traitement du risque ou encore par des modification du planning initial. De même lorsque le processus est modifié, il y a des répercussion sur l'axe des ressources... L'approche est ainsi une approche intégrée et certains points restent à approfondir.

Partant du mono-projet, les travaux de recherche ciblent progressivement le multi-projets, pour résoudre les problématiques multiples qui se sont développées avec le déploiement à grande échelle du concept de projet dans les entreprises. La gestion de projet est de plus en plus stratégique ; le pilotage d'une firme étant de plus en plus indissociable du management des projets qui en définissent les frontières, les alliances et en façonnent le devenir (GAREL et al. 2004).

Les problématiques des organisations gérant des projets sont multiples. Dans un environnement multi-projets, nous avons retenu quatre perspectives sur lesquels nous souhaitons apporter des contributions (figure VIII.1).

Les deux premières se positionnent sur l'aide à la décision à un niveau tactique avec des réponses à des questionnements techniques pour le pilotage ou la conception d'un projet dans les organisations :

- Comment prioriser les projets dans l'allocation de ressources ?
- Comment déterminer la meilleure réponse à un appel d'offre de développement de nouveau produit ?

Les deux perspectives suivantes des travaux de recherche se positionnent sur de l'aide à la décision stratégique avec des réponses à des questionnements qui orienteront, au delà d'un simple projet, l'évolution des activités

de l'organisation :

- Comment mutualiser des activités entre projet ?
- Comment construire un réseau collaboratif pour un nouveau projet ?

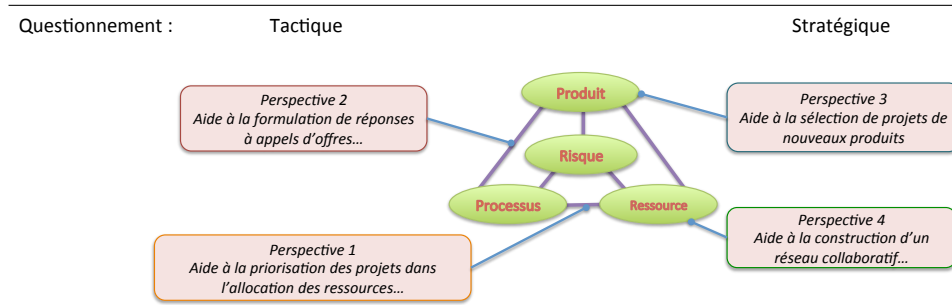


FIGURE VIII.1 – Positionnement des perspectives

1 Aide à la priorisation des projets dans l'allocation des ressources

Cette première perspective (figure VIII.1) s'intéresse au regard du responsable métier lorsque plusieurs projets requièrent les mêmes ressources nominatives sur de mêmes périodes. Il est important, pour améliorer la performance de l'organisation, que celui-ci puisse avoir une vision globale de l'effet des choix d'allocations (ressources/période/taux d'affectation/projets) sur les indicateurs de performance du portefeuille de projet.

En effet, plusieurs projets de même nature, faisant appel aux mêmes acteurs ou équipements, peuvent se dérouler en parallèle dans l'organisation. Si les besoins sont simultanés, les ressources étant généralement en quantité limitée, un arbitrage devient nécessaire pour prioriser les projets. Dans les travaux présentés au chapitre VII, section 4 nous proposons des indicateurs et outils au chef de projet pour lui permettre de déterminer si les ressources seront disponibles au bon moment. En d'autres termes, des ressources critiques ont été allouées au projet par l'organisation sur des plages de temps (la disponibilité est donc figée) et il s'agissait de déterminer le risque de désynchronisation besoin/disponibilité.

Problématique/Verrous scientifiques :

Pour déterminer cette disponibilité (ou mise à disposition), le responsable métier, s'appuie sur la demande du planificateur du projet ainsi que sur la visibilité de l'occupation de ses ressources. Cependant :

- plusieurs responsables de projets peuvent requérir les même ressources pour des projet différents et les besoins peuvent se chevaucher ;
- les demandes peuvent être espacées dans le temps ;

- différents risques et moyens de les traiter sont possibles dans chacun des projets ;
- les projets ont des niveaux d'enjeu différents pour l'organisation ;
- les projets ont des objectifs propres (coûts et délais) différents ;
- les ressources ont déjà un profil de disponibilité/d'indisponibilité.

Il est ainsi difficile pour les responsables métier ou de service de déterminer :

- l'ordre de priorité entre les projets dans l'allocation des ressources critiques ;
- le niveau de risque que l'organisation ne tienne pas ses objectifs ;
- si des allocations doivent/peuvent être remises en question car les priorités ont changé.

De nombreux travaux de recherche se positionnent sur l'allocation de ressources en projet. Cela montre l'importance de ce thème. Parmi les travaux, certains s'intéressent à l'optimisation de différents critères du portefeuille de projets au moyen de l'allocation des ressources. Les travaux de Certa et al., à titre d'exemple, s'intéressent à des critères tels que la qualité des livrables ou encore la montée en compétences des équipes (CERTA et al. 2009). Laslo et al., quant à eux, pointent les conflits pouvant survenir dans les organisations entre chefs de projets et responsables métiers (LASLO et al. 2008). Ils simulent des flux de ressources dans un environnement multi-projets et étudient l'effet de différentes politiques d'allocation. A notre connaissance, les effets liés à la survenue d'événements indésirables et le niveau de risque des projets ne sont pas pris en considération dans les choix d'allocation de ressources.

Méthodologie et contributions associées :

Au cours du chapitre VII, section 4, nous avons présenté des travaux menés sur la prise en compte des ressources critiques de l'organisation. Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec Vincent Robin et Séverine Spérandio du laboratoire IMS. Cette perspective de travaux de recherche pourrait être l'objet d'un travail de thèse en co-encadrement CGI-IMS.

Cette thèse devra fournir des solutions robustes aux différents aléas pouvant survenir. Tel qu'illustré sur la figure VIII.2, ce travail conduira à :

- caractériser les liens entre objectifs projet et objectifs pour l'organisation ;
- déterminer les critères pertinents permettant d'évaluer le niveau de priorité d'un projet et le niveau de risque induit pour l'organisation ;
- proposer une approche, basée sur un modèle mathématique, permettant de calculer le niveau de priorité des projets et proposer les allocations ainsi que les évolutions nécessaires de l'organisation ;
- développer un support logiciel donnant au responsable métier la hiérarchisation des projets sur la base des concepts proposés durant la thèse et des

outils existant au CGI (ProRisk).

	Projet	Organisation
Leviers	<ul style="list-style-type: none"> Affectation ressources / tâches Planification / re-planification 	<ul style="list-style-type: none"> Composition des équipes Affectation des ressources à des projets
Indicateurs	Applicable projet / livrable <ul style="list-style-type: none"> Coûts Délais Niveau de risque 	Applicable niveau service/métier Exemple d'indicateurs : <ul style="list-style-type: none"> Tx occupation des ressources Tx couverture des projets Tx de tâches décalées Tx ou Somme des retards
Objectif	Objectif d'optimisation commun (métier/projet)	

FIGURE VIII.2 – Indicateurs pour la gestion des ressources

2 Aide à la formulation de réponses à appels d'offres

Dans un contexte de concurrence accrue, l'effort déployé par les entreprises pour répondre à des appels d'offre est souvent important pour un taux de succès souvent faible. Cette deuxième perspective (figure VIII.1) vise à rendre efficace (moins coûteuse, plus réactive et avec un meilleur taux de succès) la formulation de proposition dans le cadre du Processus de Réponse à Appel d'Offre (PRAO) afin d'améliorer la compétitivité des entreprises.

Le PRAO est une procédure qui permet à un commanditaire (le Maître d'Ouvrage (MOA)), de faire le choix de l'entreprise la plus à même de réaliser une prestation mais également, quelquefois, de choisir une solution technique. Le but est de mettre plusieurs entreprises en concurrence pour fournir un produit ou un service.

Au cours du PRAO l'entreprise soumissionnaire (potentiel Maître d'Œuvre (MOE)) est amenée à prendre des décisions qui vont l'engager vis-à-vis de la conception future et de sa réalisation si son offre est retenue. Ces décisions portent à la fois sur la conception du produit ou du service (choix de technologies par exemple), sur le processus d'obtention (choix des activités pour la réalisation du livrable), sur les ressources (sélection des partenaires ou des ressources internes) mais aussi du traitement des risques possibles (risques liés au système, liés au projet ou encore liés aux ressources).

Le PRAO peut déboucher sur une offre qui n'est pas retenue, synonyme de perte de temps et d'argent pour le soumissionnaire mais aussi sur une offre retenue et contractualisée. Dans ce cas, si l'évaluation du livrable et de son projet d'obtention s'avère éloignée de la réalité, il pourra y avoir alors des risques, pour l'entreprise MOE, liés à la non capacité à réaliser le livrable tel que vendu. Ces risques pourront conduire à des retards dans la livraison, à des surcoûts et donc à la baisse de la marge évaluée, mais également à la

non atteinte du niveau de qualité espéré.

Problématique/Verrous scientifiques :

Pour un même appel d'offre, une entreprise MOE peut potentiellement envisager différentes réponses :

- un ensemble de solutions techniques de niveaux de maturité différents peuvent être envisageables ;
- un ensemble de parties prenantes auront à participer au projet de réalisation du produit ;
- plusieurs types de processus de réalisation peuvent être mis en œuvre ;
- différents risques et familles de risques peuvent survenir ;
- différents ensembles de moyens de traiter le risque sont possibles.

Il est ainsi difficile pour les acteurs en charge de formuler la meilleure offre :

- de gérer et d'accéder aux connaissances pertinentes ;
- d'identifier l'ensemble des solutions possibles : couples {produit ; projet} ;
- d'évaluer et sélectionner la solution la plus pertinente.

Dans la littérature, des auteurs se sont intéressés aux problématiques de ce contexte de RAO. Certains s'intéressent à la question de répondre ou non à un appel d'offre afin de minimiser les risques pour l'organisation (WANG et al. 2009). D'autres auteurs proposent des approches basées sur la capitalisation des projets passés afin de détecter et minimiser les risques dans les réponses à des appels d'offre (BOTERO et al. 2012) ou encore à la capitalisation pour la définition de solutions techniques (SEBAL et al. 1997). A notre connaissance peu de travaux de recherche ont porté sur l'aide à la décision du couple {produit ; process} en prenant en compte la maturité des solutions techniques proposées et les risques liés au projet lui-même. Les contributions de ces travaux doivent ainsi permettre au décideur de se concentrer sur les décisions à forte valeur ajoutée cognitive et ainsi permettre d'améliorer la précision de l'estimation afin d'assurer la rentabilité en cas de succès du PRAO.

Méthodologie et contributions associées :

Dans l'équipe Orkid (équipe de recherche dont je fais partie) les travaux ciblent l'exploitation des connaissances ainsi que la maîtrise des risques dans les projets de conception. Cette perspective pourrait faire l'objet d'un sujet de thèse dans la continuité de la thèse de Meriem Djefel (DJEFEL 2010) visant à aider à sélectionner une configuration pertinente d'un produit et de celle de Trung-Hung Nguyen (NGUYEN 2011) permettant d'aider à sélectionner le projet d'obtention d'un produit parmi l'ensemble des projets possibles. Dans le contexte du Processus de Réponse à Appel d'Offre (PRAO) le travail de thèse permettrait d'aider à construire et à sélectionner le meilleur couple

Produit/Projet parmi l'ensemble des possibilités pour répondre à un Appel d'Offres (AO). Une réflexion est en cours, sur le montage d'un projet qui sera déposé dans le cadre de l'appel à projets générique 2015 de l'ANR. Cette soumission inclue cette perspective.

Afin de supporter, faciliter et accélérer le déroulement du PRAO mais aussi améliorer la pertinence des RAO, en fournissant des solutions robustes aux différents aléas pouvant survenir, ce sujet de thèse devra conduire à :

- caractériser et structurer la connaissance mobilisée pour la formulation de RAO en proposant une ontologie permettant d'inférer de la connaissance dès lors que des choix sont fait ;
- proposer une approche permettant d'identifier les couples de solutions {produit ; projet} ainsi que les décisions qui devront être prises pour parvenir à cette solution ;
- déterminer les critères pertinents permettant d'évaluer une RAO en prenant en considération des critères classiques d'efficacité tels que coût et délai, mais aussi des critères destinés à fiabiliser le PRAO en contexte risqué ;
- définir une approche d'aide à la sélection de réponse face à la complexité du nombre de solutions possibles (couple produit ; projet) et des décisions qui permettent d'y aboutir sur la base d'un modèle mathématique ;
- développer un support logiciel permettant d'outiller le PRAO sur la base des concepts proposés durant la thèse et des outils existant au CGI (ProRisk, Cofiad).

3 Aide à la sélection de projets de nouveaux produits

Afin de renouveler les gammes de produits, de lancer de nouveaux produits sur de nouveaux marchés ou encore de répondre à des appels d'offre, les entreprises étudient l'opportunité et la rentabilité du développement de nouveaux produits. A l'issue de cette étude d'opportunité, la rentabilité d'un nouveau produit à l'étude peut être jugée insuffisante. Cette insuffisance est souvent mise en avant au regard d'un nouveau projet seul. Cependant, les compétences et les savoir-faire développés, les équipements acquis, les développements réalisés peuvent être valorisables dans d'autres projets. De plus, dans un contexte de mondialisation, il est important pour les entreprises de pouvoir se positionner le plus tôt possible sur des marchés novateurs voire de générer des besoins en proposant de nouveaux produits. Ce qui peut présenter le défaut de devoir lancer des projets risquant de ne pas être suffisamment profitable mais servant de "tremplin" pour l'entreprise. L'expérience et les acquis de ces projets "tremplin" permettent de diminuer les coûts d'autres projets mais aussi de diminuer le niveau de risque de nou-

veaux projets. Mais surtout ils permettent à l'organisation de développer des connaissances/compétences et de se positionner sur de nouveaux marchés. Cette troisième perspective (figure VIII.1) s'intéresse à ces différents éléments qui amènent l'organisation à développer de nouveaux produits risqués. C'est en fait sur le potentiel d'un ensemble de nouveaux produits que la décision de lancement se prend le plus souvent. Cet ensemble de produits peut ainsi justifier la pertinence d'un nouveau projet jugé à priori peu profitable s'il est considéré de manière isolée. Étant donné qu'en définitive il s'agira de développer un nouveau produit, cette perspective se positionne sur l'axe produit du framework *PPR*². Dans les travaux proposés ce sera principalement les projets/processus qui en découleront qui seront pris en compte pour décider tel que nous avons pu le faire dans la section 2 du chapitre VI.

Problématique/Verrous scientifiques :

Pour chaque nouveau projet étudié, différents éléments peuvent alors potentiellement être mutualisés entre différents nouveaux projets :

- la maîtrise de nouvelles technologies ;
- le collectif de parties prenantes ;
- les processus de réalisation ;
- les moyens de traitement des risques possibles.

Dans ce contexte, il est difficile pour l'organisation :

- de capitaliser les connaissances pertinentes pouvant être mutualisées ;
- d'identifier l'ensemble des opportunités pertinentes de nouveaux projets rendues possibles ;
- d'évaluer le niveau de risque global en considérant un portefeuille de nouveaux projets.

Sur ce thème, certains travaux étudient les techniques de sélection de projet (KAISER et al. 2014) et s'intéressent à l'alignement de la sélection de projets sur la stratégie de l'entreprise en prenant en compte une vue d'ensemble de l'organisation. L'entrée d'un nouveau projet ne se limite pas à une contribution financière ou à la stratégie de l'organisation, il interagit avec les projets existant dans le portefeuille en terme de risque, de planification ou encore cash-flow (PAJARES et al. 2014). Pajares et Lopez s'intéressent ainsi à ces interactions et soulignent le fait que le niveau de risque du portefeuille de projets peut être très modifié par l'introduction d'un seul nouveau projet. La gestion des risques est reconnue comme essentielle en gestion de projets. Cependant la littérature portant sur la gestion des risques pour le succès de portefeuille de projets est rare (TELLER et al. 2013). À notre connaissance, la prise en compte du niveau de risque d'un projet entrant sur le portefeuille mis en perspective au regard de critères portant sur son potentiel d'opportunité pour l'organisation n'est pas traitée pour l'aide à la décision.

Méthodologie et contributions associées :

Les travaux proposés conduiront à :

- caractériser et structurer la connaissance des compétences/équipements/activités mutualisables entre plusieurs projets potentiels ;
- déterminer les critères pertinents permettant d'évaluer l'effet de cette mutualisation ainsi que le niveau de risque associé ;
- proposer un modèle mathématique permettant de sélectionner les produits à développer ;
- développer un support logiciel permettant d'outiller le décideur sur la base des concepts proposés.

4 Aide à la construction d'un réseau collaboratif

Le développement de nouveaux produits nécessite souvent de nouvelles compétences, de nouvelles connaissances. Il est souvent difficile, long et coûteux d'acquérir et de développer en interne de nouvelles expertises. Les organisations cherchent alors des partenaires présentant la complémentarité adaptée pour le développement de nouveaux produits. La complémentarité parfaite dans la construction d'un réseau collaboratif est très difficile à trouver. De plus, si les différences d'expertises entre les partenaires potentiels permettent le développement de nouvelles idées, de nouveaux concepts, de nouveaux produits, elles peuvent aussi être la source de difficultés à se comprendre et à collaborer. Il est ainsi important, pour les organisations, d'être capable de déterminer si une entreprise est peut être un partenaire pertinent en vue d'une collaboration. Cette quatrième perspective se positionne ainsi sur l'axe ressource du framework *PPR*² (sur la figure VIII.1).

Problématique/Verrous scientifiques :

Plus la distance cognitive entre les partenaires potentiels est grande, plus le potentiel à innover l'est aussi. Cependant, la difficulté de se comprendre et de travailler ensemble croît également. Il est alors difficile pour l'organisation de déterminer le potentiel d'une collaboration ainsi que son niveau de risque.

Dans la littérature, différents travaux tels que ceux de Jin et al. (JIN et al. 2011), portent sur l'allocation du risque, son partage ou encore son transfert entre partenaires. De nombreux travaux de recherche ont eu lieu sur cette thématique au laboratoire Beta de Strasbourg avec un regard sur l'économétrie. Müller et al. se sont intéressés à la manière dont la distance (ou différence) entre les technologies maîtrisées par les entreprises pouvait influencer les réseaux et la construction d'organisations (MÜLLER et al. 2009). Ils proposent un modèle théorique du lien entre cette distance et le potentiel à innover du nouveau réseau. Cependant, il est important de prendre en considération la dimension du risque dans ce type de projet. A notre connais-

sance il n'y a pas de travaux qui prennent en compte à la fois le potentiel à innover d'un nouveau réseau collaboratif et son niveau de risque.

Méthodologie et contributions associées :

Une perspective à nos travaux en collaboration avec le laboratoire Beta de l'Université de Strasbourg, présentés au chapitre VI, section 2 peut alors être proposée. Elle a pour objectif de permettre de déterminer la pertinence d'un réseau collaboratif. Ce travail de recherche pouvant prendre la forme d'une thèse en co-encadrement CGI-Beta aura devra alors consister à :

- caractériser et structurer la connaissance attendue par chacun des partenaires, pour le fonctionnement de la collaboration ;
- déterminer les critères pertinents permettant d'évaluer la complémentarité, l'éloignement cognitif, la difficulté à collaborer et le niveau de risque de projets dans le cadre de nouvelles collaborations ;
- proposer un modèle pour caractériser les couples (nouveaux produits potentiels ; réseaux collaboratifs), de les évaluer sur la base des critères identifiés ;
- développer un support logiciel permettant d'outiller cette approche durant la thèse.

Bibliographie

- AFNOR (2005). *X50-118 : Recommandations pour le management d'un projet*.
- (2010). *Plan de Continuité d'Activité pour les PME/PMI de la région Centre*.
- BCI (2007). *Management de la continuité d'activité - Guide de bonnes pratiques*. AFNOR. AFNOR.
- BOETTICHER, G. (2001). « An assessment of metric contribution in the construction of a neural network-based effort estimator ». In : *Second International Workshop on Soft Computing Applied to Software Engineering*. Enschede, NL.
- BOTERO, Juan Diego, Cédric BÉLER, Daniel NOYES et Laurent GENESTE (2012). « Integration of experience feedback into the product lifecycle: an approach to best respond to the bidding process ». In : *14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*. T. 14. Bucharest, Romania, p. 1095–1100.
- BOTHA, Jacques et Rossouw Von SOLMS (2004). « A cyclic approach to business continuity planning ». In : *Information Management & Computer Security* 12.4, p. 328–337.
- CARTER, B., T. HANCOCK, J. MORIN et N. ROBIN (1996). *Introducing RISKMAN: the European project risk management methodology*. The Stationery Office.
- CERTA, Antonella, Mario ENEA, Giacomo GALANTE et Concetta MANUELA LA FATA (2009). « Multi-objective human resources allocation in R&D projects planning ». In : *International Journal of Production Research* 47.13, p. 3503–3523.
- CERULLO, Virginia et Michael J. CERULLO (2004). « Business Continuity Planning: A Comprehensive Approach ». In : *Information Systems Management* 21.3, p. 70–78.
- CHAPMAN, C. (1997). « Project risk analysis and management—PRAM the generic process ». In : *International Journal of Project Management* 15.5, p. 273–281.

- CHEIKHROUHOU, Naoufel et François MARMIER (2010). « Human and organisational factors in planning and control ». In : *Production Planning & Control* 21(4), p. 345–346.
- CHEIKHROUHOU, Naoufel, François MARMIER, Omar AYADI et Philippe WIESER (2011). « A collaborative demand forecasting process with event-based fuzzy judgements ». In : *Computers & Industrial Engineering* 61(2), p. 409–421.
- DAHMANI, Sarra, Xavier BOUCHER, Didier GOURC, François MARMIER et Sophie PEILLON (2014). « Towards a Reliability Diagnosis for Servitization Decision-Making Process ». In : 6th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPSS 2014). Windsor, Ontario, Canada.
- DAHMANI, Sarra, Xavier BOUCHER, Sophie PEILLON, Didier GOURC et François MARMIER (2014). « Towards a Reliability Diagnosis for Servitization Decision-Making Process ». In : Spring Servitization Conference 2014 (SSC). Aston, UK.
- DAVE, Vachik S. et K. DUTTA (2012). « Neural network based models for software effort estimation: a review ». In : *Artificial Intelligence Review*.
- DEB, Kalyanmoy (2001). *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*. Chichester ; New York : Wiley-Blackwell. 518 p.
- DJEFEL, Mériem (2010). « Couplage de la configuration de produit et de projet de réalisation : exploitation des approches par contraintes et des algorithmes évolutionnaires ». Thèse de doct. Université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Thèse de doctorat.
- FANG, Chao, Franck MARLE, Enrico ZIO et Jean-Claude BOCQUET (2012). « Network theory-based analysis of risk interactions in large engineering projects ». In : *Reliability Engineering & System Safety* 106, p. 1–10.
- FILIPAS DENIAUD, Ioana, François MARMIER et Didier GOURC (2013). « Decision support system for risk management in complex project design ». In : International Conference on Production Research (ICPR-22). Iguassu Falls, Brazil.
- GAREL, Gilles, Vincent GIARD, Christophe MIDLER et Richard CALVI (2004). *Faire de la recherche en management de projet*. Paris : Vuibert. 325 p.
- ST-GERMAIN, René, Faton ALIU, Eric LACHAPPELLE et Pierre DEWEZ (2012). *Livre Blanc ISO 22301, Sécurité sociétale - Systèmes de gestion de la continuité d'activité*.
- GOLMOHAMMADI, D. (2013). « A neural network decision-making model for job-shop scheduling ». In : *International Journal of Production Research* 51.17, p. 5142–5157.
- GOURC, Didier, François MARMIER, Marc CHARDON et Laurent STEFFAN (2013). « Towards an algorithm for Homecare Scheduling ». In : Workshop Optimisation des Systèmes, Amélioration Continue et Transformation des Entreprises (W-OSY). Marrakech, Maroc.
- GOURC, Didier, François MARMIER et Paul GABORIT (2014). « An approach based on tabu search technique for solving a multi time window home

- healthcare scheduling problem ». In : MOSIM 2014 - 10th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation. Nancy, France.
- HASSANZADEH, Saïna (2012). « Analysis of the causes of delay in collaborative decision-making under uncertainty in pharmaceutical R and D projects ». Thèse de doct. Université de Toulouse.
- HASSANZADEH, Saïna, Didier GOURC, François MARMIER et Sophie BOUGARET (2010). « Decision-making under uncertainty in drug development ». In : 24th World Congress IPMA (International Project Management Association). Istanbul (Turquie).
- (2011a). « Decision-making in R&D projects, a framework based on fuzzy logic ». In : 21st International Conference on Production Research (ICPR). Stuttgart (Germany).
- (2011b). « Decision-making under uncertainty in drug development ». In : *Project Perspectives, The annual publication of International Project Management Association*.
- (2011c). « Un apport de la modélisation pour l'analyse de processus de décisions collaboratives, dans un contexte incertain et sans urgence - Application aux projets de développement de nouveaux médicaments ». 15èmes Journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail Easy-DIM, Tarbes, France.
- (2012a). « A methodology to identify efficient collaborative practices of decision-making in industrial projects, based on enterprise process modeling ». In : 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM'12. Bucharest, Romania.
- HASSANZADEH, Saïna, François MARMIER, Didier GOURC et Sophie BOUGARET (2011d). « Integration of human factors in project uncertainty management, a decision support system based on fuzzy logic ». In : European Safety and Reliability Association (ESREL). Troyes (France), p. 661–669.
- (2012b). « Bias in collective decision-making under uncertainty in drug development projects ». In : *Handbook on Psychology of Decision-Making: New Research*. Nova Publishers.
- ISO 19440 (2007). *International Organization for Standardization. Enterprise integration — Constructs for enterprise modelling*. Genève.
- ISO10006 (2003). *Quality Management. Guidelines to Quality in Project Management*.
- JIN, Xiao-Hua et Guomin ZHANG (2011). « Modelling optimal risk allocation in PPP projects using artificial neural networks ». In : *International Journal of Project Management* 29.5, p. 591–603.
- KAISER, Michael G., Fedi EL ARBI et Frederik AHLEMANN (2014). « Successful project portfolio management beyond project selection techniques: Understanding the role of structural alignment ». In : *International Journal of Project Management*.

- KYU JAE, Lee, Sang Bong OH et Jung Cheol SHIN (1990). « UNIK-FCST: Knowledge-assisted adjustment of statistical forecasts ». In : *Expert Systems with Applications* 1.1, p. 39–49.
- LAMOTHE, Jacques, François MARMIER, Matthieu DUPUY, Paul GABORIT et Lionel DUPONT (2012). « Scheduling rules to minimize total tardiness in a parallel machine problem with setup and calendar constraints ». In : *Computers & Operations Research* 39.6, p. 1236–1244.
- LAQRICHI, Safae, Didier GOURC et François MARMIER (2013a). « Estimation des coûts des projets SI par les réseaux de neurones ». Workshop de la structure fédérative Ingénierie des Organisations Distribuées (IODE), Agen, France.
- (2013b). « Toward an effort estimation model for software projects integrating risk ». In : International Conference on Production Research (ICPR-22). Iguassu Falls, Brazil.
- LAQRICHI, Safae, François MARMIER et Didier GOURC (2013c). « Proposition d'une classification des méthodes d'estimation des projets de systèmes d'information ». In : 7e Conférence Internationale de Génie Industriel (CIGI2013). La Rochelle, France.
- (2014a). « Software Cost and Duration Estimation Based on Distributed Project Data: A General Framework ». In : *Enterprise Interoperability VI*. Sous la dir. de Kai MERTINS, Frédéric BÉNABEN, Raúl POLER et Jean-Paul BOURRIÈRES. Proceedings of the I-ESA Conferences 7. Springer International Publishing, p. 213–224.
- (2014b). « Software cost and duration estimation based on distributed project data: A general framework ». In : 7th International Conference Interoperability for Enterprise Systems and Applications (I-ESA14). Accepted, Albi, France.
- LASLO, Zohar et Albert I. GOLDBERG (2008). « Resource allocation under uncertainty in a multi-project matrix environment: Is organizational conflict inevitable? ». In : *International Journal of Project Management* 26.8, p. 773–788.
- LAWRENCE, Michael, Paul GOODWIN, Marcus OCONNOR et Dilek ONKAL (2006). « Judgmental forecasting: A review of progress over the last 25 years ». In : *International Journal of Forecasting* 22.3, p. 493–518.
- LORINO, Philippe (2003). *Méthodes et pratiques de la performance*. Editions d'Organisation.
- MAKRIDAKIS, Spyros G., Steven C. WHEELWRIGHT et Rob J. HYNDMAN (1998). *Forecasting*. 3rd Edition edition. New York : John Wiley & Sons. 656 p.
- MARMIER, François (2007a). « Contribution à l'ordonnancement des activités de maintenance sous contrainte de compétence : une approche dynamique, proactive et multi-critère ». Thèse de doct. Besançon : Université de Franche-Comté.

- (2007b). « Scheduling of Maintenance Activities Under the Constraints of Skills: a robust, proactiv and multi-criteria approach (in french). Contribution à l'ordonnancement des activités de maintenance sous contrainte de compétence: une approche dynamique, proactive et multi-critère ». Thèse de doct. Besançon : Université de Franche-Comté.
- MARMIER, François et Naoufel CHEIKHROUHO (2010). « Structuring and integrating human knowledge in demand forecasting: a judgemental adjustment approach ». In : *Production Planning & Control* 21(4), p. 399–412.
- MARMIER, François, Naoufel CHEIKHROUHO et Didier GOURC (2014). « Improvement of the planning reliability by the integration of human skills in project risk management ». In : The 2nd IEEE International Conference on Logistics Operations Management (GOL'14). Rabat (Morroco).
- MARMIER, François, Ioana FILIPAS DENIAUD et Didier GOURC (2014). « Strategic decision-making in NPD projects according to risk: application to satellites design projects ». In : *Computers In Industry (Accepted paper)*.
- MARMIER, François, Maria GONZALES-BLANCH et Naoufel CHEIKHROUHO (2008). « Integration of human factors in demand forecasting: A judgmental adjustment approach ». In : International Conference on Human and Organisational Factors in Planning and Scheduling (HOPS). Lausanne, Suisse.
- (2009a). « A new structured adjustment approach for demand forecasting ». In : 39th International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE39). Troyes, France.
- MARMIER, François, Didier GOURC et Frédéric LAARZ (2012a). « A decision-making tool for assess feasibility of risky NPD projects under the constraint of limited resources ». In : The 1st IEEE International Conference on Logistics Operations Management. Le Havre (France).
- (2012b). « Strategic decision-making in NPD projects according to risk: application to satellites integration and test projects ». In : 9th International Conference of Modeling and Simulation, MOSIM'2012. Bordeaux (France).
- (2013). « A risk oriented model to assess strategic decisions in new product development projects ». In : *Decision Support Systems* 56, p. 74–82.
- MARMIER, François, Didier GOURC, Vincent ROBIN et Séverine SPERANDIO (2013a). « A model of project scenario evaluation to monitor the level of project risk and assess the feasibility of planning ». In : International Conference on Production Research (ICPR-22). Iguassu Falls, Brazil.
- (2013b). « Modèle d'aide à la négociation de ressources critiques en projet risqués ». In : 7e Conférence Internationale de Génie Industriel (CIGI2013). La Rochelle, France.
- MARMIER, François, Christophe VARNIER et Noureddine ZERHOUNI (2006a). « Maintenance Activities Scheduling Under Competencies Constraints ».

- In : *IEEE International Conference on Service Systems and Service Management (IEEE-ICSSSM'06)*. IEEE International Conference on Service Systems and Service Management (IEEE-ICSSSM'06). Troyes, France, p. 1217–1222.
- MARMIER, François, Christophe VARNIER et Nouredine ZERHOUNI (2006b). « Ordonnancement des activités de maintenance sous contraintes de compétences ». In : *Symposium International sur la Maintenance et la Maîtrise des Risques, MMR'06*. Rabat, Morocco.
- (2006c). « Ordonnancement dynamique des activités de maintenance en milieu incertain ». 6ème journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail BERMUDES, Valenciennes.
- (2006d). « Ordonnancement dynamique des activités de maintenance en milieu incertain ». 6ème journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail MACOD, Valenciennes.
- (2007a). « Dynamic and multi-criteria scheduling of maintenance activities ». In : *19th International Conference on Production Research (ICPR-19)*. Valparaiso, Chile.
- (2007b). « Dynamic scheduling of maintenance activities under uncertainties ». In : *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'2007)*. Beijing, Chine.
- (2007c). « Ordonnancement des activités de maintenance : Une approche dynamique, proactive et multi-critère ». Journée FEMTO-Innovation, Session poster, Besançon.
- (2007d). « Ré-ordonnancement partiel et dynamique d'un planning d'activités de maintenance ». In : *7ème Congrès International de Génie Industriel, GI'2007*. Trois Rivières, Québec, Canada.
- (2007e). « Robustness measure for fuzzy maintenance activities schedule ». In : *4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics, MCPL'2007*. Sibiu : Romania.
- (2009b). « Proactive, dynamic and multi-criteria scheduling of maintenance activities ». In : *International Journal of Production Research* 47(8), p. 2185–2201.
- (2009c). « Static and dynamic scheduling of maintenance activities under the constraints of skills ». In : *Journal of Operations and Logistics* 2(3), p. 1–16.
- MÜLLER, Moritz, Robin COWAN, Geert DUYSTERS et Nicolas JONARD (2009). *Knowledge Structures and Complementarities in the Pharmaceutical Industry*. Working Paper BETA #2009-24. Strasbourg.
- NGUYEN, Trong Hung (2011). « Contribution to the planning project : model for evaluating scenarios of risk project. In french (Contribution à la planification de projet : proposition d'un modèle d'évaluation des scénarios de risque-projet) ». Thèse de doct. Université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Thèse de doctorat.

- NGUYEN, Trong Hung, François MARMIER et Didier GOURC (2013). « A decision-making tool to maximize chances of meeting project commitments ». In : *International Journal of Production Economics* 142(2), p. 214–224.
- PAJARES, Javier et Adolfo LÓPEZ (2014). « New Methodological Approaches to Project Portfolio Management: The Role of Interactions within Projects and Portfolios ». In : *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Selected papers from the 27th IPMA (International Project Management Association), World Congress, Dubrovnik, Croatia, 2013 119, p. 645–652.
- PAUL, Steven M., Daniel S. MYTELKA, Christopher T. DUNWIDDIE, Charles C. PERSINGER, Bernard H. MUNOS, Stacy R. LINDBORG et Aaron L. SCHACHT (2010). « How to improve R&D productivity: the pharmaceutical industry's grand challenge ». In : *Nature Reviews Drug Discovery* 9.3, p. 203–214.
- PETAR, Jovanović (1999). « Application of sensitivity analysis in investment project evaluation under uncertainty and risk ». In : *International Journal of Project Management* 17.4, p. 217–222.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide*. 5th edition. Newtown Square, Pennsylvania : Project Management Institute. 589 p.
- REJEB, Olfa (2013). « Proposition d'un cadre méthodologique pour le management de la continuité d'activité : application à la prise en charge à domicile ». Thèse de doct. Université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- REJEB, Olfa, Rémi BASTIDE, Elyes LAMINE, François MARMIER et Hervé PINGAUD (2012). « A model driven engineering approach for business continuity management in e-health systems ». In : IEEE-DEST 2012 - 6th IEEE International conference on Digital Ecosystems and Technologies. Campione d'Italia, Italy.
- REJEB, Olfa, Elyes LAMINE, François MARMIER, Rémi BASTIDE et Hervé PINGAUD (2012). « Une approche dirigée par les modèles pour le management de la continuité d'activité dans la prise en charge à domicile ». 16èmes journées STP du GdR MACS, Groupe de Travail Easy-DIMAlbi, France.
- REJEB, Olfa, Elyes LAMINE, François MARMIER, Hervé PINGAUD et Rémi BASTIDE (2011a). « SySO : Système d'aide au suivi Opérationnel et à la gestion de la prise en charge à domicile ». Université d'été de la e-santé, PGSO VLAB, Castres-Mazamet, France.
- (2011b). « Vers un Plan de Continuité d'Activité pour la Prise en Charge à Domicile ». Journées de l'interopérabilité des applications d'entreprise, PGSO-JIAE'11, Nantes, France.
- REJEB, Olfa, Elyes LAMINE, Hervé PINGAUD, François MARMIER et Rémi BASTIDE (2012). « Toward a Business Continuity Plan for Home-Care

- Systems ». In : International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine (eTELEMED 2012). Valencia, Spain.
- REJEB, Olf, François MARMIER, Elyes LAMINE, Hervé PINGAUD et Rémi BASTIDE (2012). « A Framework for Business Continuity Management in Home-Care context ». In : International eHealth, Telemedicine and Health ICT Forum for Education, Networking and Business (Med-e-Tel 2012). Luxembourg.
- ROBIN, Vincent et Philippe GIRARD (2006). « An integrated product-process-organisation model to manage design system ». In : *IMACS Multiconference on Computational Engineering in Systems Applications*. IMACS Multiconference on Computational Engineering in Systems Applications, p. 1287–1293.
- ROBIN, Vincent, François MARMIER, Séverine SPERANDIO et Didier GOURC (2013). « An event procedure management to support decision-makers in prospective and real-time project management ». In : 12th IFAC /IFIP /IFORS /IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems (HMS). Las Vegas, Nevada, USA.
- ROY, Bernard (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Springer Science & Business Media. 322 p.
- SEBAL, S. et P. ZARATE (1997). « A decision support system for bidding process ». In : , 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 1997. Computational Cybernetics and Simulation. , 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 1997. Computational Cybernetics and Simulation. T. 4, 3603–3608 vol.4.
- SIENOU, Amadou (2009). « Proposition d'un cadre méthodologique pour le management des risques et des processus d'entreprise ». Thèse de doct. Université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Thèse de doctorat.
- TELLER, Juliane et Alexander KOCK (2013). « An empirical investigation on how portfolio risk management influences project portfolio success ». In : *International Journal of Project Management* 31.6, p. 817–829.
- THUESEN, Christian, C AARIS BOAS, M. V. THORSLUND, François MARMIER, S GREX et S LYBECKER (2013). « Mapping Best and Emerging Practices of Project Management ». In : 22nd Nordic Academy of Management Conference (NFF2013). University of Iceland Reykjavík.
- WANG, Jin, Yujie XU et Zhun LI (2009). « Research on project selection system of pre-evaluation of engineering design project bidding ». In : *International Journal of Project Management* 27.6, p. 584–599.
- WEBBY, Richard et Marcus O'CONNOR (1996). « Judgemental and statistical time series forecasting: a review of the literature ». In : *International Journal of Forecasting*. Probability Judgmental Forecasting 12.1, p. 91–118.
- ZAMBON, Emmanuele, Damiano BOLZONI, Sandro ETALLE et Marco SALVATO (2007). « A Model Supporting Business Continuity Auditing and

- Planning in Information Systems ». In : Second International Conference on Internet Monitoring and Protection, ICIMP 2007. San Jose, CA, USA : IEEE, p. 33–33.
- ZITZLER, Eckart, Kalyanmoy DEB et Lothar THIELE (2000). « Comparison of Multiobjective Evolutionary Algorithms: Empirical Results ». In : *Evol. Comput.* 8.2, p. 173–195.